

DT  
400.2  
4423  
100  
225210

# 國立勤益科技大學

## 工業工程與管理系碩士班

### 碩士論文

應用代理人技術於電鍍鑄造之排程



指導教授：黃敬仁 博士

研究生：林保安

學號：49815012

國立勤益科技大學圖書館



225210

中華民國一百年六月二十三日

應用代理人技術於電蝕鋁箔製造之排程

Applying agent technology for the scheduling problem in the  
manufacturing of anodic electro-etching aluminum

研究生：林保安

指導教授：黃敬仁 博士



國立勤益科技大學

工業工程與管理系碩士班

碩士論文

A Thesis

Submitted to

Department of Industrial Engineering and Management

National Chin-Yi University of Technology

in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Master of Engineering

June 2011

Taiping, Taichung, Taiwan, Republic of China

中華民國一十年六月

# 國立勤益科技大學

## 博碩士論文全文上網授權書

(提供授權人裝訂於紙本論文書名頁之次頁用)

本授權書所授權之論文為授權人在國立勤益科技大學  
工業工程與管理系\_\_\_\_\_組 99 學年度第二學期取得碩士  
學位之論文。

論文題目：應用代理人技術於電蝕鋁箔製造之排程  
指導教授：黃敬仁

### ■ 同意

本人具有著作權之論文全文資料，非專屬、無償授予本人畢業學校  
圖書館，不限地域、時間與次數，以微縮、光碟或數位化等各種方  
式重製與利用，提供讀者基於著作權法合理使用範圍內之線上檢  
索、閱覽、下載及列印。

論文全文上載網路公開之範圍及時間：

校內區域網路	■ 中華民國 102 年 7 月 21 日公開
校外網際網路	■ 中華民國 105 年 7 月 21 日公開

授權人：林保安

簽名：\_\_\_\_\_林保安\_\_\_\_\_

中 華 民 國 100 年 7 月 21 日

# 國家圖書館 博碩士論文電子檔案上網授權書

本授權書所授權之論文為授權人在國立勤益科技大學工業工程與管理系 99 學年度第二學期取得碩士學位之論文。

論文題目：應用代理人技術於電蝕鋁箔製造之排程  
指導教授：黃敬仁

茲同意將授權人擁有著作權之上列論文全文（含摘要），非專屬、無償授權國家圖書館，不限地域、時間與次數，以微縮、光碟或其他各種數位化方式將上列論文重製，並得將數位化之上列論文及論文電子檔以上載網路方式，提供讀者基於個人非營利性質之線上檢索、閱覽、下載或列印。

上列論文為授權人向經濟部智慧財產局申請專利之附件或相關文件之一（專利申請案號：\_\_\_\_\_），請於\_\_\_\_年\_\_\_\_月\_\_\_\_日後再將上列論文公開或上載網路。

因上列論文尚未正式對外發表，請於 105 年 7 月 21 日後再將上列論文公開或上載網路。

授權人：林保安

親筆簽名及蓋章：林保安 

民國 100 年 7 月 21 日

電話：\_\_\_\_\_ 傳真：\_\_\_\_\_  
聯絡地址：新竹縣竹北市東海里東興路2段19號  
E-Mail：linboan.hifly@gmail.com

國立勤益科技大學  
工業工程與管理系碩士班  
論文口試委員會審定書

本校 工業工程與管理系 碩士班 林保安 君

所提論文 應用代理人技術於電蝕鋁箔製造之排程

合於碩士資格水準，業經本委員會評審認可。

口試委員：

廖慶志  
黃訂仁  
楊晴雯

指導教授：

黃訂仁

系(所)主任：

工業工程與管理系  
主任 陳水涼

中華民國 100 年 6 月

# 應用代理人技術於電蝕鋁箔製造之排程

學生：林保安

指導教授：黃敬仁 博士

國立勤益科技大學 工業工程與管理系碩士班

## 摘要

本研究主要是在於建構以代理人為基之平行機排程系統，目的是應用代理人協商機制求解生產排程問題。在本研究中，第一階段先分析應用代理人協商機制於相同平行機之排程問題，並提出以代理人為基之協商系統 (Agent-based Negotiation System, ANS)。第二階段，考量具合適性平行機之生產環境，應用代理人協商方法，提出以代理人為基之平行機排程系統 (Agent-based Scheduling System for Parallel Machine, ASSPM)。第三階段考慮工作與機器的突發狀況問題，即緊急插單或機器故障時，能夠立即啟動代理人機制以支援與解決問題，最後導入電蝕鋁箔製造環境，考慮多目標與 EDD\_H 演算法進行差異分析與效益評估。實驗結果顯示，本研究提出之 ASSPM 系統優於 EDD\_H 演算法，能獲得不錯的績效。

關鍵字：代理人、平行機、排程、JADE

# Applying agent technology for the scheduling problem in the manufacturing of anodic electro-etching aluminum

Student: Pao-An Lin

Advisors: Dr. Ching-Jen Huang

Department of Industrial Engineering and Management  
National Chin-Yi University of Technology

## ABSTRACT

This study constructs an agent-based system for parallel machine scheduling. The purpose of this study is to apply agent negotiation mechanism to solve production scheduling problems. In this study, firstly, an agent-based negotiation system (ANS) is proposed to solve identical parallel machine scheduling problem. Secondly, considering the problem of parallel machine scheduling with machine preference, an agent-based scheduling system for parallel machines (ASSPM) is developed. Thirdly, taking the situation of machine failure and urgent order into consideration, this study designs an emergency mechanism to activate agents to re-schedule by re-negotiating among agents. Finally, an electro-etching process is applied to evaluate the performance of the proposed ASSPM system. The results show that the proposed ASSPM is superior to those of the earliest due date (EDD) rule which is usually used in industrial practice.

**Keywords:** Agent, Parallel machines, Scheduling, JADE

## 致謝

在研究所這兩年的歲月中，首先要感謝我的指導教授黃敬仁博士，這兩年來對我的栽培與訓練。我在這兩年發生很多事，不管是糗事、錯事與不該犯的錯等等事情，老師都一一的原諒與寬容，當然我有事後反省所做的事情，但老師的大度量與寬容都讓我覺得真是世間少有的好老師，甚至在做人處事或是一些事情上都一一教育與提醒，我都謹記在心，而且很多事情都是可以與老師商量的，有任何問題老師也都會盡量提供協助。總歸一句話，老師您真好!!

在兩年當中，要感謝的人真的很多，感謝研究室的所有成員，俊誠學長、梓榕學長、于壬學長、郝雯學姐、祁玄、鴻志、鄧絮、建廷和嘉宏學弟，不論在課業上的相互扶持或休閒上的吃喝玩樂，彼此間的回憶我都銘記在心。

最後，最要感謝我的雙親，林祺祥先生與楊素蓮女士對我這麼多年的栽培且無怨無悔的付出，我以此論文獻給我的雙親與家人。

林保安 謹誌於

國立勤益科技大學 工業工程與管理系碩士班

中華民國 一 百 年 六 月 二 十 三 日



# 目錄

中文摘要 .....	i
英文摘要 .....	ii
致謝 .....	iii
目錄 .....	iv
表目錄 .....	vi
圖目錄 .....	vii
第一章 緒論 .....	1
1.1 研究背景 .....	1
1.2 研究目的 .....	2
1.3 研究方法與架構 .....	4
第二章 文獻探討 .....	6
2.1 平行機排程研究 .....	6
2.2 代理人技術 .....	7
2.2.1 代理人之定義 .....	7
2.2.2 代理人之特性 .....	9
2.2.3 代理人技術之相關研究 .....	10
2.2.4 代理人之標準規範 FIPA .....	11
2.2.5 JADE 代理人的溝通語言 .....	12
2.2.6 代理人開發平台 JADE .....	15
2.2.7 JADE 的運作環境 .....	17
2.3 應用代理人技術於整合製程規劃和排程 .....	18

第三章 研究方法與模式建構.....	21
3.1 問題定義.....	21
3.2 系統概念性架構.....	22
3.3 代理人行為模式.....	23
3.3.1 監督代理人.....	23
3.3.2 機器代理人.....	27
3.3.3 工作代理人.....	28
3.3.4 代理人行為與溝通模式.....	28
3.3.5 代理人決策模式.....	32
3.4 效益評估.....	35
第四章 產業案例導入與系統效益.....	36
4.1 實驗例子.....	36
4.2 參數實驗.....	37
第五章 模擬製造電蝕鋁箔.....	52
5.1 系統建置.....	52
5.2 模擬製造過程.....	55
第六章 結論與建議.....	59
參考文獻.....	60

## 表目錄

表 1 代理人系統分類 .....	8
表 2 代理人技術研究領域 .....	10
表 3 FIPA-ACL 參數 .....	13
表 4 JADE 的言語行動 .....	14
表 5 IPPS 之相關研究 .....	20
表 6 參數表 .....	33
表 7 實驗參數表(1) .....	36
表 8 多變量分析之 WILKS' LAMBDA 變數選擇法 .....	37
表 9 受測者間效應項檢定 .....	38
表 10 實驗例子參數組合 .....	39
表 11 實驗參數表(2) .....	46
表 12 兩種權重組合之數據比較 .....	49
表 13 四種衡量目標之比較結果表 .....	50
表 14 四種衡量目標之最佳例子數目表 .....	51

## 圖目錄

圖 1 研究架構.....	5
圖 2 平行機排程問題.....	6
圖 3 具體化 FIPA 的抽象化架構.....	12
圖 4 JADE 平台訊息交換的非同步傳遞設計.....	14
圖 5 JADE 代理人平台整合應用.....	16
圖 6 JADE 容器與 JADE 平台.....	17
圖 7 鋁箔製造流程.....	21
圖 8 代理人為基平行機排程之系統架構.....	23
圖 9 代理人之協商過程(1).....	24
圖 10 代理人之協商過程(2).....	24
圖 11 代理人之協商過程(3).....	25
圖 12 代理人之協商過程(4).....	25
圖 13 代理人之協商過程(5).....	26
圖 14 機器故障解決示意圖.....	27
圖 15 工作插單解決示意圖.....	27
圖 16 ASSPM 系統類別關係圖.....	29
圖 17 代理人之間溝通協商流程.....	30
圖 18 代理人之間 ACL 協商流程.....	31
圖 19 突發事件之 ACL 協商流程.....	32
圖 20 總延遲時間之 1/10 交互效應分析圖.....	40
圖 21 總流程時間之 1/10 交互效應分析圖.....	40
圖 22 機器不平衡利用率之 1/10 交互效應分析圖.....	41

圖 23 總收益之 1/10 交互效應分析圖 .....	41
圖 24 總延遲時間之 4/10 交互效應分析圖 .....	42
圖 25 總流程時間之 4/10 交互效應分析圖 .....	42
圖 26 機器不平衡利用率之 4/10 交互效應分析圖 .....	43
圖 27 總收益之 4/10 交互效應分析圖 .....	43
圖 28 總延遲時間之 16/10 交互效應分析圖 .....	44
圖 29 總流程時間之 16/10 交互效應分析圖 .....	44
圖 30 機器不平衡利用率之 16/10 交互效應分析圖 .....	45
圖 31 總收益之 16/10 交互效應分析圖 .....	45
圖 32 總延遲時間之交互效應分析圖 .....	47
圖 33 總流程時間之交互效應分析圖 .....	47
圖 34 機器不平衡利用率之交互效應分析圖 .....	48
圖 35 總收益之交互效應分析圖 .....	48
圖 36 代理人註冊與 ACL 訊息監控 .....	53
圖 37 操作流程與畫面 .....	53
圖 38 機器故障之解決流程 .....	54
圖 39 工作插單之解決流程 .....	54
圖 40 正常操作之製造工作畫面 .....	56
圖 41 機器故障之程序畫面 .....	57
圖 42 工作插單之程序畫面 .....	58

# 第一章 緒論

## 1.1 研究背景

近年來面對新興市場經濟發展迅速，現今製造業面臨的將會是一全球化的競爭。為了能迅速地反應市場的變化，並且要提高競爭優勢。因此，準時交期、低成本、高品質的產品，已成為各個產業共同一致的努力目標。所以在此三大目標之下，企業為了要克服生產環境之下各種變化因素，例如：交貨時間縮短、顧客需求變更、人員出勤異常及設備故障或原料供應不順等因素，許多產業唯有不斷進行投資以達成一定經濟規模，並大量生產降低生產成本，來維持或提升其競爭力，也因為這製造規模不斷擴大的趨勢，各式生產系統包含平行機台之情形，也較過去來的更加普遍，機台數目亦是大幅增加，使得現今的製造系統不論在規模或複雜度上，將會造成生產排程及管理兩方面變得更為複雜。而一個良好的生產排程可以使生產成本降低，滿足顧客之需求，提高企業之利潤。而一個良好的管理可以當有突發狀況時，能夠支援與解決問題，使得有助於恢復生產排程以及減少不必要的損失。有鑑於此生產排程與管理在現今工廠的生產上實佔有舉足輕重的地位。

一般平行機生產排程，大多以先進先出(First In First Out, FIFO)和最早到期日(Earliest Due Date, EDD)法則為主。研究顯示，EDD 法則僅在降低延遲時間方面有不錯的績效，FIFO 法則是在各方面的表現都不理想，而且以上兩種方法在生產過程中往往缺乏彈性，在實際使用上皆無法發揮預期的效用。在動態的環境中更無法支援與解決企業的生產排程，以達到最高產能利用率與管理上的問題，進而無法降低生產成本與滿足顧客需求的效果。

## 1.2 研究目的

在現今的產業環境中，生產排程一直是很重要的部份。生產排程問題的特徵是以生產排程中所涉及之限制條件為主，如交期的滿足、作業的先後順序、複雜的資源配置等，而限制條件的複雜度會依不同的排程問題而有不同的考量。基於生產環境的日益複雜且快速變化等因素，在求解排程問題時，所必須考慮的因素與限制條件相對複雜許多。但是問題的難度隨著需求的增加，其複雜度是隨著指數分配成長。因此，在資訊技術發達的時代，傳統的生產排程的理念已經較不適合現代的需求。

一般解決排程問題的方法中，大部分技術使用集中式的運算規則，例如模擬退火法、基因演算法等啟發式演算法。但是，此類型的技術在限制問題不多的時候，確實可以解決問題，但是當問題不斷的擴大，限制不斷增加時，系統的負荷便逐漸上升，尋得最佳方法的時間便會拖得更長，且不具有即時性。因此，分散式人工智慧的方法便成為排程上的另一個研究主軸。

在分散式人工智慧發展中，多代理人系統(Multi-Agent System, MAS)被受到重視。而多代理人的優勢在於可分享共同資源，平行地處理問題，達到共同的目標，且當單一代理人無足夠的能力或資源來解決問題時，其可將問題分為數個任務，再加以完成。Edwin and Michael (2001)也提出幾項多代理人架構的優點，敘述如下：

1. 在 MAS 下，幫助使用者更加了解在組織中團隊合作與社會行為。
2. 由於 MAS 架構的平行運算的特性，在相同目標下其求解過程時間比集中式運算會較為快速。

本研究在多代理人之環境架構下，發展多代理人協商機制並應用於平行機排程之研究，首先，第一階段從機器的特性研究進行，首先分析應用代理人協商機

制於相同平行機之排程研究，了解協商過程中的各個步驟與各個代理人角色，並探討相同平行機生產環境的特性與要求，提出以代理人為基之協商系統 (Agent-based Negotiation System, ANS)，以衡量整體系統績效。同時，分析相同平行機之系統架構發展通用性，用以符合產業分散式環境運作。第二階段，再以具合適性平行機之生產環境為導入，分析非等效平行機之協商過程，並探討此產業所需之環境與特性，導入以代理人為基之平行機排程系統 (Agent-based Scheduling System for Parallel Machine, ASSPM) 於具合適性平行機之排程研究，以符合產業分散式環境運作。第三階段考慮工作與機器的突發狀況問題，當有緊急插單或機器故障時，能夠立即啟動代理人間機制以支援與解決問題，使得有助於恢復生產排程以及減少不必要的損失。最後進行導入電蝕鋁箔製造環境與整體系統之效益評估。

本所擁有的自主性和彼此相互之協商過程，在一個分散式的異質環境中，適當地執行協商系統中之協商過程以指派每個工作至機器上進行處理。而以 ASSPM 系統平台架構為基礎，導入協商過程與協商機制，透過 ASSPM 系統平台之代理人技術與 Java 語言跨平台的特性，各個代理人可在分散式環境與平行處理的方式下，進行協商完成工作的指派至機器進行處理，並不需要考量異質平台上建置的問題。



### 1.3 研究方法與架構

根據本研究之動機與目的，其研究方法與步驟說明如下，研究架構流程圖如圖 1 所示。

1. 研究背景與動機：首先介紹本研究發展之相關背景，再敘述其研究目的及欲研究之方法架構。
2. 文獻資料蒐集與彙整：探討本研究之三大核心技術，「協商機制」、「協商過程」、「代理人技術」三者間之整合及運用。
3. 研究方法與模式建構：進行系統概念架構分析及系統運作模式，建構代理人行為模式、協商流程，最後進行代理人協商機制。
4. 功能設計與實作：分析設計各個代理人功能，在 JADE 平台上利用 Java 程式語言開發系統。
5. 系統建構與導入：透過不同平行機之生產環境導入，根據協商流程與協商機制，建置系統。
6. 研究結論與未來發展方向探討：透過不同平行機之生產環境導入，驗證其系統可行性評估，再加入考慮工作與機器之因素，最後導入電蝕鋁箔製造環境與效益評估。

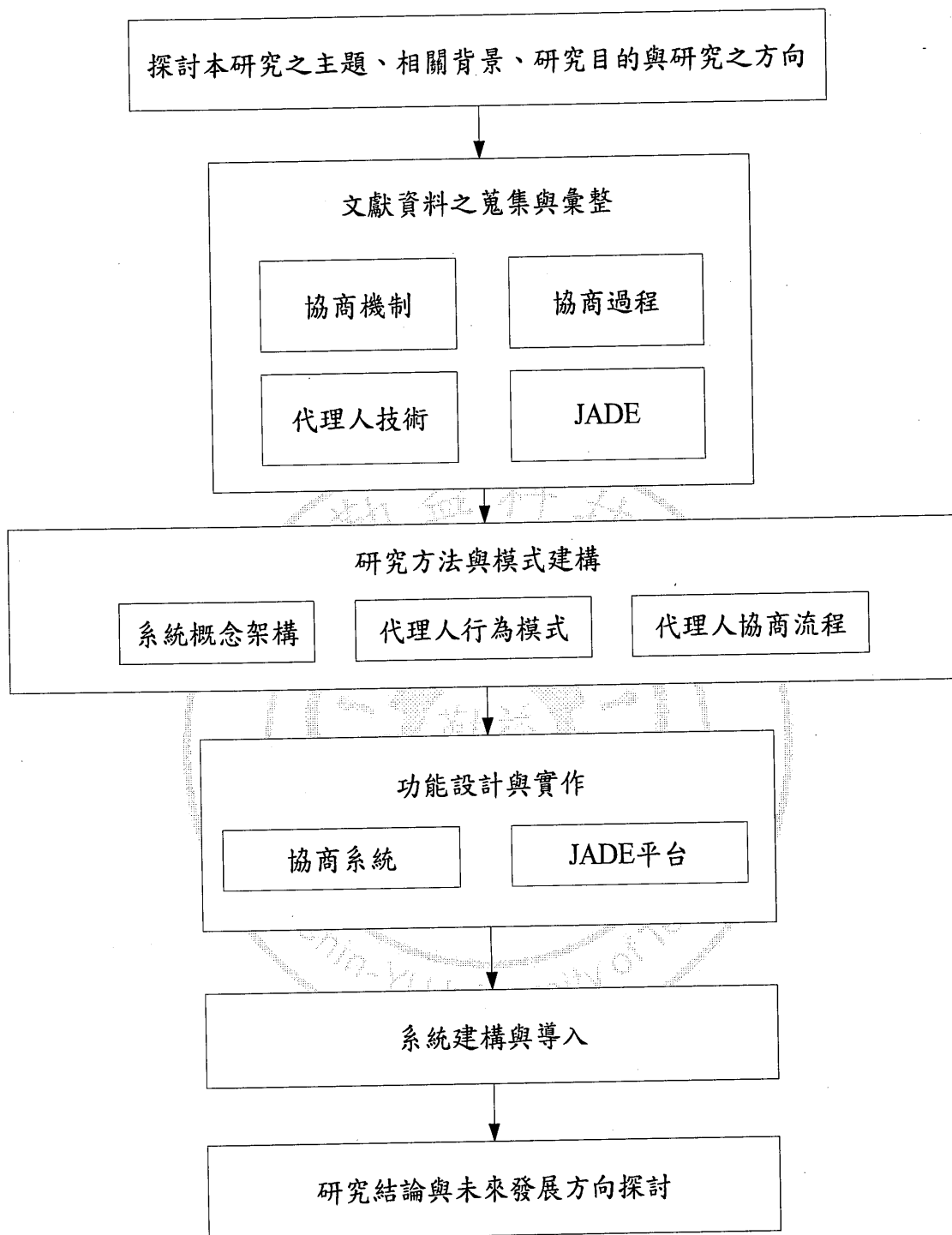


圖 1 研究架構

## 第二章 文獻探討

### 2.1 平行機排程研究

平行機的排程問題是探討  $n$  個獨立工作如何指派至  $m$  台相同處理功能的任一平行機，如圖 2 表示 10 個獨立工作指派至 5 台平行機的排程問題。

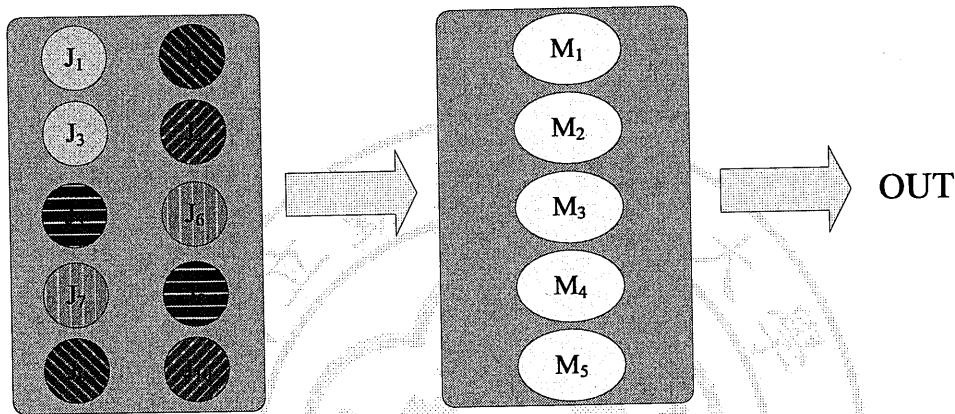


圖 2 平行機排程問題

平行機生產環境中，依照機器的特性可分成三類：

1. 相同平行機(Identical Parallel Machines)：每一個工件(Job)都可以在任何機台上加工，若所有機器的加工速度相同。
2. 等效平行機(Uniform Parallel Machines)：相同的工作在平行機上的加工時間會依照機台的差別而有不同。
3. 非等效平行機(Unrelated Parallel Machines)：機器加工速率會依照不同的處理工作而有所不同，即機器的處理速度與工作具相依性。

Chao, et al. (2008)說明電蝕鋁箔製造，考量機器的合適性，提出三階段啟發式演算法，求解總完成時間最小化。對於相同平行機的問題，Biskup, et al. (2008)發展啟發式演算，實驗結果證明可更有效率優於其他方法而求解總延遲時間最小化；Lee and Pinedo (1997)提出改良式 ATC 法則，考慮順序相依的設置時間，稱之

為 ATCS(Apparent Tardiness Cost with Setups)派工法則以求解總加權延遲最小化。但未考慮到達時間(ready time)。Pfund, et al. (2008)提出擴展前述的 ATCS 派工法則，加入寬放參數並且發展網格搜尋(grid search)與回歸分析(regression analysis)方法，實驗結果證明優於其他方法且可獲得最佳績效。Driessel and Moench (2009)建議使用變動鄰域搜尋(Variable Neighborhood Search, VNS)法，考慮準備時間、優先順序限制與順序相依的設置時間，進而求解總加權延遲最小化。對等效平行機的問題，Mihaila and Mihaila (2008)使用基因演算法，結果證明更有效率且優於其他方法。對非等效平行機的問題，Helal, et al. (2006)使用禁忌搜尋法與考量工作順序與機器相依的設置時間，進而求解總完工時間最小化(makespan)。

## 2.2 代理人技術

代理人技術開發之主要目的是期望能夠開發出具有智慧、人性化的軟體系統，能夠更快速地幫助人類解決一些複雜且單調的問題，而目前軟體系統的發展可分為代理人系統與非代理人系統，傳統的軟體系統與物件導向系統是屬於非代理人系統，只是單純的回應使用者所要求的資訊；而代理人系統則具有智慧並能輔助使用者使用軟體系統。

### 2.2.1 代理人之定義

代理人技術早在很久以前就被提出，隨著資訊科技的發達及網路的普及，使得代理人的研究與應用愈來愈受到重視。代理人名詞被用來泛指分散式人工智慧(Distributed Artificial Intelligence, DAI)，智慧型代理人(intelligent agent)的概念，因軟體差異又各自擁有不同的特性與能力。

代理人即為一種電腦程式，它能協助人類執行某特定任務或代替人類進行一些重覆且單調的事情，使得人類處理事情上更有效率。代理人是駐留在某一環境下能夠自主、靈活地執行動作以滿足設計目標的行為實體。

表 1 代理人系統分類

系統類別	代理人數量	應用	優點與缺點
單一代理人	一個	區域網路或個人工作環境	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 針對特定工作設計，技術較簡單，不需要考慮溝通的問題</li> <li>2. 內部資料表示方式則為相同</li> <li>3. 能處理的範圍有限</li> <li>4. 複雜度高的工作，只靠單一代理人進行處理，成效不好</li> </ol>
多代理人	一個以上	多人網路或分散式網路環境	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 將任務切割，可同時處理多個工作，避免產生執行或等待的時間</li> <li>2. 能整合異質性的資料來源，提供使用者一致的操作環境</li> <li>3. 需考量代理人間溝通方式之相容性</li> <li>4. 技術複雜度較高</li> </ol>

代理人作為一個具有智慧的行為體，有能力自主完成一定任務。但面對一些複雜的問題，如處理分散式之資料，或與分散式控制之系統互動，就不得不採用多個代理人協商系統。其中的每一個代理人可以具有不同的特性功能，在完成某一共同的目標的過程中扮演不同角色。其中代理人的協商關係是自發形成的，系

統的功能不僅是單一代理人的功能，類似這樣的系統稱之為多代理人系統。Hayes (1999)依據代理人系統中代理人的組成數量來看，可區分為單一代理人系統 (Single-Agent System, SAS)和多代理人系統兩種，整理如表 1 所示。

### 2.2.2 代理人之特性

代理人可以透過功能性去定義不同類型的特殊條件並且作出適當的回應，也可以使用多個相同功能的代理人一起協同合作或是建立專用的專家領域代理人，整合一群代理人可以快速建立一個複雜的應用系統。代理人具備某種程度上的自主性，而且存在於代理人社群中，且代理人的行動是以使用者利益為優先，並以某種程度的自主能力來完成任務。代理人可在動態環境下展現各式複雜行為的程式系統。它可以隨著環境變化並做出合適的反應，此外代理人在透過程式進行委派並付予工作目標之後，即能自動執行特定工作，必要時還能夠與其它的代理人進行溝通與協調，以完成它的最終目標。

而下列為代理人之相關特性整理：

1. 代理性(Delegation)：主要表示代理人能代表使用者完成某些工作或其他代理人進行溝通與協調。
2. 溝通技術(Communication)：代理人的能力有限，因此可能需要好幾個代理人經過幾次的溝通與協調合作來完成一項工作。代理人除了必須跟其他代理人有溝通外，有些還必須跟使用者溝通，了解使用者真正想要的是什麼。
3. 自主性(Autonomy)：在接受任務委託後，代理人能夠自主性地執行任務，直到目標達成為止，其主要應用於持續性監控與代理人類處理繁瑣之工作等。
4. 監控性(Monitoring)：為了自動的完成工作，代理人能夠監控自己的工作環境，並且因應環境的改變自動做出適當的處理，來達到代理人的自主性。

5. 驅動性(Actuation)：代理人一旦察覺所處在的環境發生改變，代理人在判斷完狀況之後，若覺得有需要可能會做一些適當的處理。
6. 智慧性(Intelligence)：代理人要能夠自己為其監控之任務或是所負責的任務做出適當的決策來完成這項任務。

### 2.2.3 代理人技術之相關研究

表 2 代理人技術研究領域

作者	應用領域
Gibbins, et al. [2004]	運用於網頁服務
Farahvash and Boucher [2004]	運用於控制 AGV 系統
Trappey, et al. [2004]	線上交易系統，促進了不同企業買賣系統之整合
Cheng, et al. [2006]	運用於單機排程問題，求解總加權延遲工件數最小化
Yokoyama, et al. [2007]	運用於單一模式的裝配線平衡問題
Montano, et al. [2008]	運用貝氏學習方法建構多代理人系統
Trappey, et al. [2009]	結合 RFID 技術，應用於模具生產作業
Leung, et al. [2010]	運用於蟻群最佳化演算法，以整合製程規劃和排程，求解總完工時間最小化

近年來已有許多學者針對代理人技術之應用進行相關研究，也有部份的研究將代理人所擁有之特性，應用於資料的搜尋、分散式處理、生產管理與排程、跨平台之系統整合或電子商務之上。

由於代理人的特性所帶來的好處，研究者也不斷地嘗試將代理人技術應用在各種複雜的領域中，由表 2 說明之。

#### 2.2.4 代理人之標準規範 FIPA

FIPA 是在 1996 年成立於瑞士的非營利性國際組織，在 2005 年 6 月 8 日正式成為 IEEE 電腦標準組織的第 11 個會員組織，組織成立的初始目的是為了整合代理人軟體開發標準，與 OMG(Object Management Group)等組織共同制定代理人標準規範，稱為 FIPA 規範，期望代理人導向程式設計概念能運用在各種領域。FIPA 制定了兩種規格：一種是規範的規格，這是用來定義代理人的外在行為，確保與 FIPA 規格相容的代理人之間能正常的互動，另一種則是非正式的應用導引規格，主要是用來讓產業運用 FIPA 的技術。所規範的規格有：代理人管理、代理人溝通語言、代理人與軟體之間的整合。非正式的應用規格的範例如：個人旅遊助手、個人助手、影音娛樂與廣播、網路管理、與代理人互動、代理人安全、代理人移動性、專業服務等。FIPA 定義具有彈性的抽象架構，可以讓開發人員直接延伸許多額外功能藉以強化系統，如下所示：

1. 代理人目錄(Agent Directory)：提供代理人命名、位址、註冊與狀態管理。
2. 伺服器目錄(Service Directory)：提供代理人服務型態、位址的查詢。
3. 訊息傳遞(Message Transport)：負責代理人與代理人之間訊息的傳送、接收與聯繫等工作；
4. 代理人溝通語言：提供代理人與代理人之間互相溝通時使用的語言，包括：知識本體、語言與文法。
5. 從抽象化架構落實到具體架構時，符合 FIPA 規範的代理人平台必須具有一個能提供代理人活動、服務註冊及互通訊息的機制，如圖 3 所示。



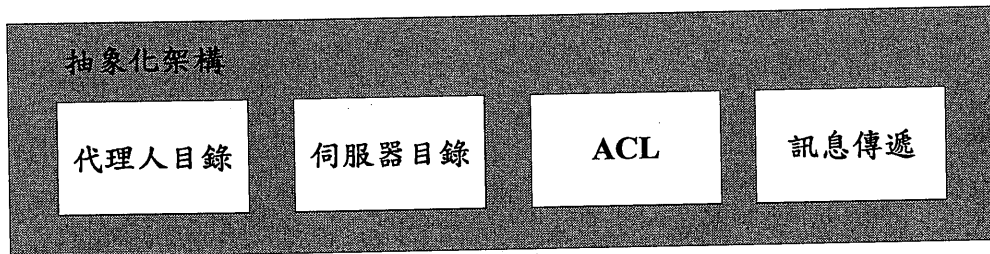


圖 3 具體化 FIPA 的抽象化架構

### 2.2.5 JADE 代理人的溝通語言

上節提到 FIPA 制定許多關於代理人系統的標準與規範，其中包含代理人溝通語言 ACL 的規格，簡稱 FIPA-ACL(The Foundation for Intelligent Physical - Agent Communication Language)，在語言行為(Speech act)理論中，把訊息當作一種行動或溝通行為，訊息被傳送的本質就是代表著要表現某種行動。理論指出訊息是一個斷言、一個查詢、一個命令或一組已知的信息，用來表示一種行為，FIPA-ACL 採用信息術語來表示任何原始的訊息型態，其目的要能夠滿足溝通的需求，需要有基本的訊息認知的關鍵字，表 3 是 FIPA-ACL 之傳遞參數與說明。

在 JADE 的平台上，代理人之間的溝通所採取的是所謂的非同步訊息傳遞(asynchronous message passing)方式，而所應用的溝通語言為 ACL，一個 ACL 一定要有的參數包括收件者(receiver)、寄件者(sender)、訊息內容(content)及其言語行動(performative)。

圖 4 所示，每個代理人都有一個郵箱作為訊息的佇列區，JADE 平台會把其他代理人寄送過來的訊息先投入這個郵箱，郵箱收到訊息時會通知代理人。當代理人收取郵箱的訊息後，就進行訊息的處理與解讀。這整個機制的設計就如同電子郵件的協定，因此，每個訊息裡要包含的資料屬性有收件者、寄件者、言語行動及訊息內容、語言等。而表 4 列出 jade.lang.acl.ACLMessage 裡的言語行動，除了

FIPA 所列出的 22 種外，JADE 增加了一項 UNKNOWN，將無法判別的訊息歸於此類。

表 3 FIPA-ACL 參數

訊息參數	說明
performative	言語行動是何類型
sender	發出此訊息的代理人名稱
receiver	接收此訊息的代理人名稱
reply-to	要回覆訊息給哪個的代理人
content	代理人要傳達訊息的內容
language	訊息所採用的語言
encoding	訊息所採用的特定編碼器
ontology	訊息內容所使用的知識本體
protocol	訊息使用何種互動協定
conversation-id	訊息代號，用來辨別訊息
reply-with	必需以指定的 performative 回應
in-reply-to	對應 reply-with 參數，回應訊息時使用
reply-by	傳送訊息之代理人，希望回應的時間

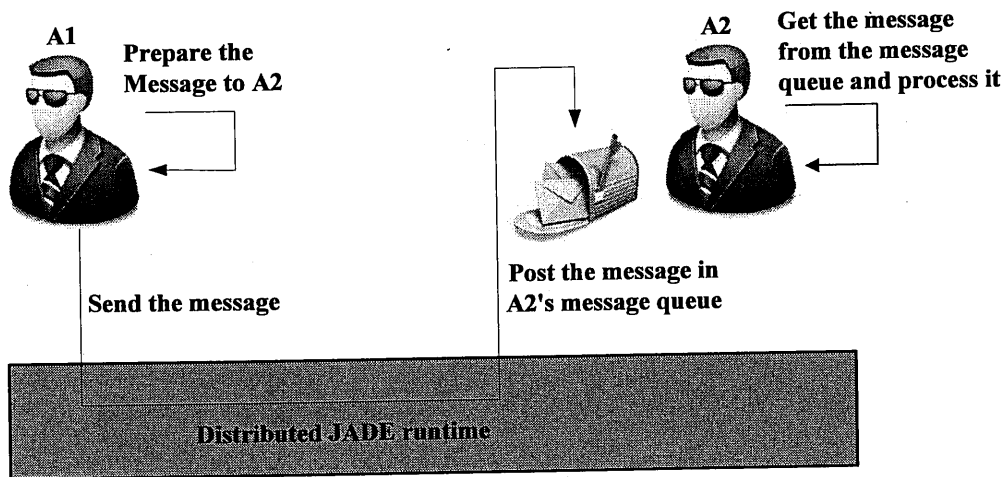


圖 4 JADE 平台訊息交換的非同步傳遞設計

表 4 JADE 的言語行動

Performative			
1	ACCEPT_PROPOSAL	13	PROPOSE
2	AGREE	14	PROXY
3	CANCEL	15	QUERY_IF
4	CFP	16	QUERY_REF
5	CONFIRM	17	REFUSE
6	DISCONFIRM	18	REJECT_PROPOSAL
7	FAILURE	19	REQUEST
8	INFORM	20	REQUEST_WHEN
9	INFORM_IF	21	REQUEST_WHENEVER
10	INFORM_REF	22	SUBSCRIBE
11	NOT_UNDERSTOOD	23	UNKNOWN
12	PROPAGATE		

### 2.2.6 代理人開發平台 JADE

JADE 是 Java Agent DEvelopment Framework 的縮寫，由此可知 JADE 平台基於 Oracle 公司的 Java 語言，這也意味著 JADE 平台上的代理人必須使用 Java 語言開發。由於 Java 具有物件導向、多執行緒及跨平台、可攜、擴展性佳等特性，使得 JADE 也有非常優異的表現。JADE 是一個用來發展代理人應用程式的軟體架構，因此，使用 JADE 作為代理人應用程式的發展平台，透過其所提供的服務機制及套件，除了簡化發展的程序、縮短發展時間外，最重要是能夠確保所發展的代理人符合標準的規範。

由於 JADE 平台上的代理人是透過網際網路進行訊息的傳遞與溝通，為一分散式 Peer-to-Peer 的架構，同時也相容於 J2ME CLDC/MIDP 的環境，使得 JADE 代理人能橫跨個人電腦與任何的行動裝置，應用領域非常廣泛。目前已知的應用包括：在可移動情境中強調溝通能力的行動式個人資訊應用系統、遠距學習、企業層級的供應鏈管理或電子交易、遠端醫療、多方共賽的遊戲等。在(Bellifemine, et al. 2009)提及 JADE 具有下列特性：

1. 分散式代理人平台。
2. 可使用圖形化工具控制遠端主機上多個代理人及代理人容器。
3. 具備除錯工具協助架構於 JADE 的多代理人應用程式開發。
4. 具備內部平台(intra-platform)的代理人移動能力(agent mobility)，包括代理人狀態及程式碼的移動。
5. 可使用平行(parallel)及同時的方式來支援代理人的行為模式。
6. 相容於 FIPA 規範的代理人平台，包含代理人管理系統 AMS(Agent Management System)、目錄服務器 DF(Directory Facilitator) 以及代理人溝通管道 ACC(Agent Communication channel)。

7. 能讓代理人之間透過 代理人溝通語言(Agent Communication Language, ACL) 來進行溝通。
8. 可使用所有包含的 FIPA 互動協定庫。
9. 名稱服務與 FIPA 規範相同：當代理人啟動時，可從代理人平台取得 GUID 代碼(globally unique identifier)。
10. 支援知識本體並可作為代理人溝通的共通語言。

圖 5 為 JADE 代理人平台整合應用，利用 JADE 平台以整合 J2SE、J2EE、Personal Java 及 CLDC 等平台技術。讓建構於 JADE 平台之上的代理人，能透過 FIPA 所制定的共同的標準來溝通，不受限其應用技術。

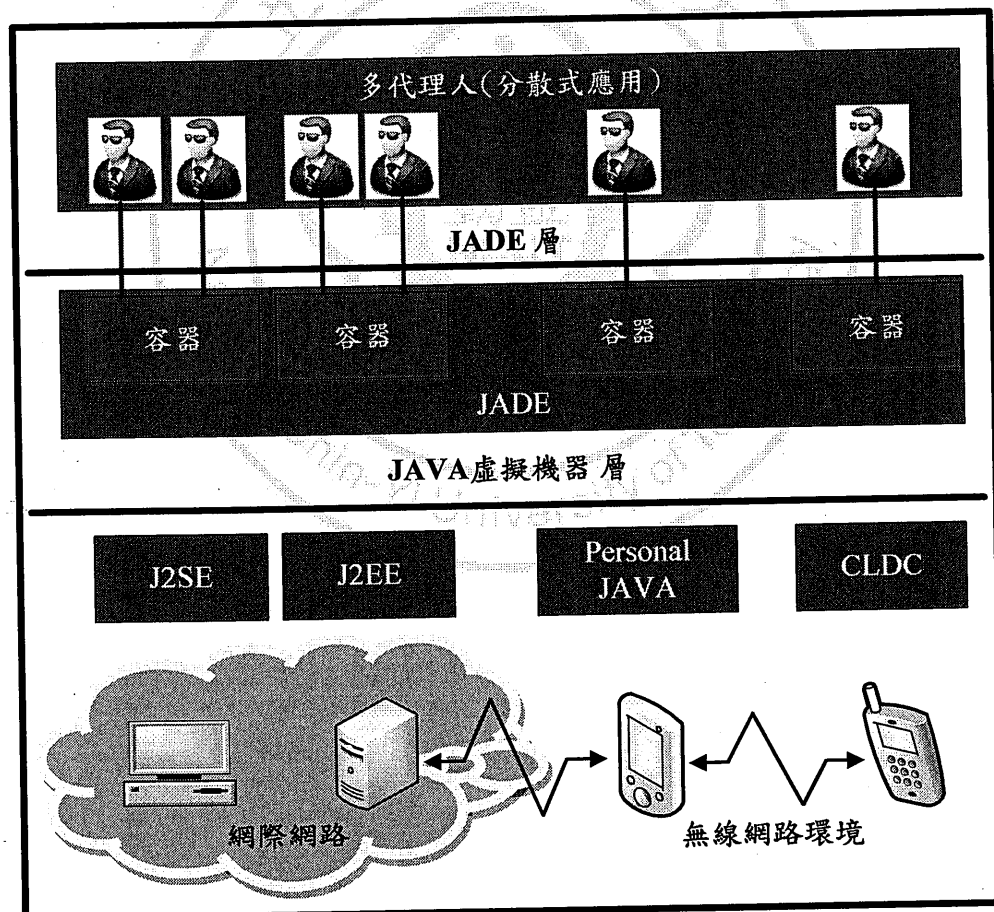


圖 5 JADE 代理人平台整合應用

### 2.2.7 JADE 的運作環境

每一個有效的 JADE 運作環境都稱為一個容器(container)，每個容器可以容納許多的 JADE 代理人在裡面活動。而一個 JADE 平台是由一個或多個容器所構成，其中有一個(只能有一個)最特殊的，稱為主容器(main container)。每一台主機(host)的每一個 socket(IP + port)最多只能夠允許一個 JADE 平台存在，每一個被啟動的 JADE 平台，其主容器都必須隨時保持有效狀態(Active)，如此當其他的容器被啟動時都必須被告知所屬的主容器位置(IP + port)，當這些容器得知主容器的位置時就會向主容器註冊，如圖 6 所示。

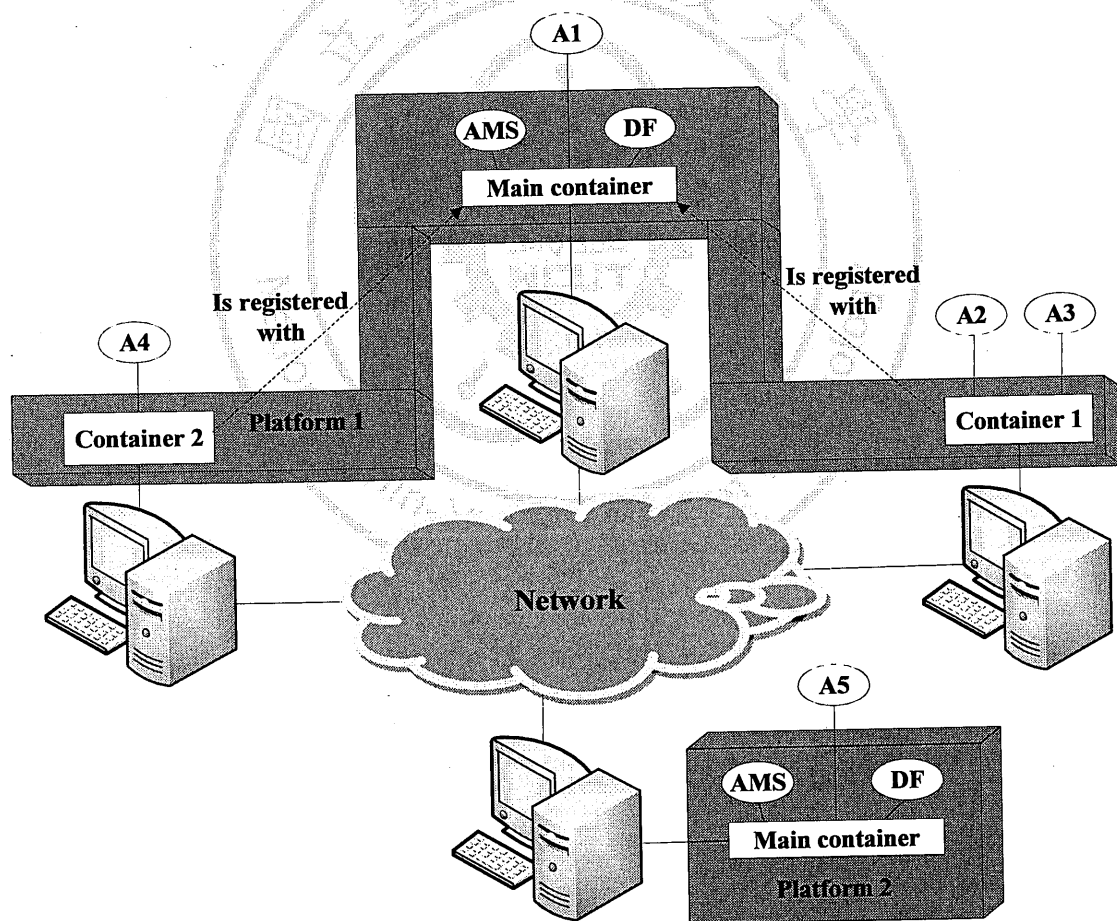


圖 6 JADE 容器與 JADE 平台

主容器內有一個重要的代理人，稱為 AMS，這是一個代理人管理系統(agent management system, AMS)的代理人，一個代理人平台上，只能有一個 AMS。當每一個 JADE 代理人被執行後，都會有一個唯一的名字(AID)。無論代理人是否位於同一個容器或是否位於同一個平台或是否位於不同的平台，代理人如果知道其他的代理人的 AID 及所在位置就可以與其溝通。圖 6 中的代理人與代理人間彼此皆能互相溝通。

### 2.3 應用代理人技術於整合製程規劃和排程

在製造系統中包含有兩個功能，一為製程規劃，其目的是為了有效分配工作，二為排程，其目的是為了有效利用資源，若兩者被分開來考慮，可能會造成排程規劃無法隨著變動的環境來改變而使其不可行，因此考慮將兩者整合。整合製程規劃的優點在於藉由結合製程規劃和排程問題，可以增加生產的可行性而得到最佳解(Huang, et al., 1995)，因此，Zhang, et al. (2003)建議使用不同的製程規劃來整合製程規劃和排程(Integrated Process Planning and Scheduling, IPPS)問題。

當在解決整合製程規劃問題時，若使用傳統的排程方法，由於有不同的製程規劃，所以當問題越趨複雜時，其完成排程所需要的時間將會成指數的成長，且未必可求得最佳解。因此，使用多代理人系統其協商和自主能力來解決如此複雜之問題。使用代理人技術在 IPPS 方面的研究相當地少，且代理人間的協商一開始只能進行單一任務一對多協商，無法同時處理多個零件或每個零件在同一時間只可提出一個任務或作業來進行協商，如 Usher (2003)。因此，學者開始使用新的代理人協商機制，可處理多任務的多對多協商來進行即時的製程規劃和排程，處理現今製造系統的不確定的彈性需求(Wong, et al. 2006a; Wong, et al. 2006b; Wong, et al. 2006c)。

近年來，工作指派問題的相關研究，已有多位學者相繼提出相關的看法與研究結果，其相關技術研究整理於表 5，在前一節有提到使用代理人技術在 IPPS 方面的研究相當地少，一旦有使用代理人技術在 IPPS 方面的研究，都有不錯的績效，如 Nasr and Elsayed (1990) 應用於零工式生產環境(job shop)，使用兩種啟發式演算法求解平均流程時間最小化，實驗結果有不錯的表現。Hutchison, et al. (1991) 提出三種排程架構，考慮零工式彈性製造系統生產環境，進而求解總完工時間最小化。Huang, et al. (1995) 為了改善電腦輔助製程規劃(Computer Aided Process Planning, CAPP)的績效，提出整合製程規劃和排程，以提供更有效利用生產資源且可以很容易地應用在實際的製程規劃當中。Gindy, et al. (1999) 提出 IPPS 以及考慮資源因素，建構一系統，能夠改善系統績效與更合適地應用製造環境裡。Kim and Egbelu (1999) 提出混和整數規劃模式方法，以解決 IPPS 問題，求解總完工時間最小化。Zhang, et al. (2003) 提出 IPPS 的方法以了解製程規劃的彈性，結果得知，證明可獲得相當不錯的排程方法。Wong, et al. (2006a,b,c) 發展以代理人為基礎協商方法以整合製程規劃和排程應用在零工式生產環境，以確保最佳整體績效。Li, et al. (2010) 為了 IPPS，使用代理人為基礎的方法去建構系統，實驗結果證明非常有效且優於其他方法。所以未來代理人技術之應用研究會成為一種趨勢，也是未來開發代理人系統的主要方向。



表 5 IPPS 之相關研究

作者／年代	相關研究
Nasr and Elsayed [1990]	建議在排程時使用不同的製程規劃來整合製程規劃和排程，考慮零工式生產環境(job shop)，使用兩種啟發式演算法求解平均流程時間最小化。
Hutchison, et al. [1991]	建議在排程時使用不同的製程規劃來整合製程規劃和排程，提出三種排程架構，考慮零工式彈性製造系統生產環境，以求解總完工時間(makespan)最小化。
Huang, et al. [1995]	為了改善電腦輔助製程規劃的績效，提出整合製程規劃和排程，以提供更有效利用生產資源且可以很容易地應用在實際的製程規劃當中。
Gindy, et al. [1999]	提出整合製程規劃和排程以及考慮資源因素，建構一系統，能夠改善系統績效與更合適地應用製造環境中。
Kim and Egbelu [1999]	提出混和整數規劃模式方法，以解決整合製程規劃和排程問題，求解總完工時間最小化。
Zhang, et al. [2003]	提出整合製程規劃和排程的方法，去了解製程規劃的彈性，結果得知，證明可獲得相當不錯的排程方法。
Wong, et al. [2006a,b,c]	發展以代理人為基礎協商方法去整合製程規劃和排程應用在零工式生產環境，以確保最佳整體績效。
Li, et al. [2010]	為了整合製程規劃和排程，使用代理人為基礎的方法去建構系統，實驗結果證明非常有效且優於其他方法。

### 第三章 研究方法與模式建構

#### 3.1 問題定義

本研究考慮電蝕鋁箔製造之排程問題。而鋁箔製造流程如圖 7 所示。其中，電蝕是在鋁箔製造中最為重要。電蝕需專注於控制電蝕溶液溫度及電流密度與電流量等操作過程。而電蝕鋁箔製造設備分為高電壓、中電壓與低電壓。若能以合適的機器製造鋁箔，不僅品質符合規格，而且生產時間或成本將能最小化。本研究對象為中高壓之電蝕鋁箔製造設備，高電壓機器適合生產高電壓鋁箔，也可生產中電壓鋁箔，但需要較長生產時間，且成本較高；而中等級機器適合生產中電壓鋁箔，也可生產高電壓鋁箔，但需要較長生產時間，且成本較高。

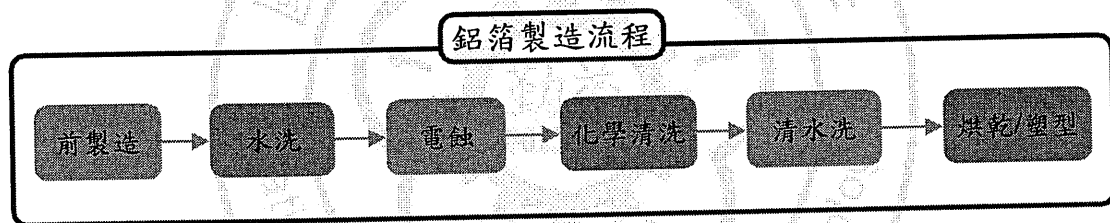


圖 7 鋁箔製造流程

另外，當機器處理鋁箔過程由同一電壓工件(高電壓至中電壓)轉換至另一電壓工件時，會產生設置時間(setup time)。雖然設置時間是必要的，但對生產而言是沒有貢獻的，故如何安排工作順序，降低設置時間是最重要的目標。在典型的鋁箔製造工廠中，均是同時存在好幾部相同電壓設備。因此可視為平行機排程問題，且考量機器合適性與設置時間，此為非等效平行機排程問題。

因此，本研究建構以代理人為基之平行機排程系統(Agent-based Scheduling System for Parallel Machine, ASSPM)，考慮多目標包含總延遲時間、總流程時間、機器不平衡利用率與總收益四個衡量準則，透過該系統來解決電蝕鋁箔製造之排程問題且考量工作與機器的突發事件，即緊急插單或機器故障時，能夠立即啟動

監督代理人事件機制加以支援與解決問題，進而求得良好的整體系統績效。在 3.2 節將先介紹 ASSPM 系統架構以及組成元件。接著，3.3 節介紹代理人的行為模式以及代理人之間協商過程。最後，3.4 節介紹效益評估。

### 3.2 系統概念性架構

如圖 8 所示，本研究提出之 ASSPM 系統架構大致上可分為四種代理人，分別為監督代理人(Supervisory Agent, SA)、機器代理人(Machine Agent, MA)以及工作代理人(Job Agent, JA)。

監督代理人負責集中控制與協調每一回的協商過程以及處理工作的緊急插單與機器故障之意外狀況。當系統開始，監督代理人會去了解所有機器與工作數量，然後去部署執行代理人工具，每台機器與各個工作皆擁有各自專屬的代理人，而每個代理人可以具有不同的特性功能，且代理人彼此間皆擁有各自的識別碼(ID)，如 MA\_1、MA\_2、JA\_1 與 JA\_2。再者，監督代理人還負責監控任務，就如同現場工程師負責監控現場以解決製造現場的突發事件，為此設置了兩種事件機制，一是負責解決機器故障造成的損失，二是負責解決工作插單以避免造成不必要的損失或延遲。

機器代理人，此代理人提供了機器之資訊和負責的決策模式。在 ASSPM 系統中，機器代理人協商流程引擎將從本身的決策模式與事先被完整定義之協商流程中來驅動機器代理人協商和確保協商流程派給之任務是在明確機制下確定的。

工作代理人，此代理人提供了工作之資訊和負責的決策模式。在 ASSPM 系統中，工作代理人協商流程引擎將從本身的決策模式與事先被完整定義之協商流程中來驅動工作代理人協商和確保協商流程派給之任務是在明確機制下確定的。

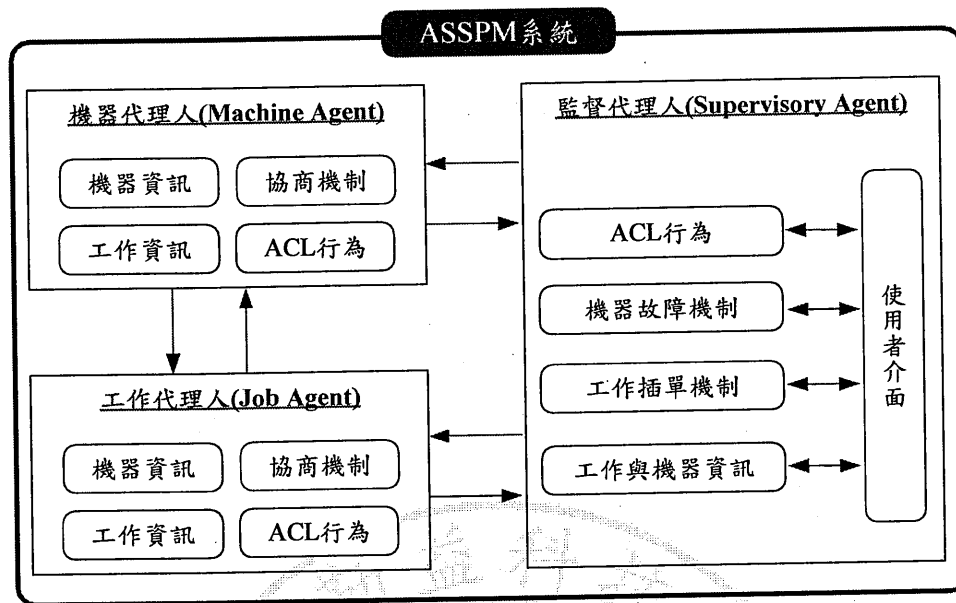


圖 8 代理人為基平行機排程之系統架構

### 3.3 代理人行為模式

透過上述研究分析，將定義出本系統需求之所有代理人模組及其功能介紹，其介紹如下所述：

#### 3.3.1 監督代理人

主要提供系統之基本功能、代理人之間的集中控制與協調以及監控現場，其協商過程如下所示：

1. 當使用者執行此系統時，監督代理人會依序建立多個機器與工作代理人以及針對每台機器代理人與各個工作代理人提供相關資訊。

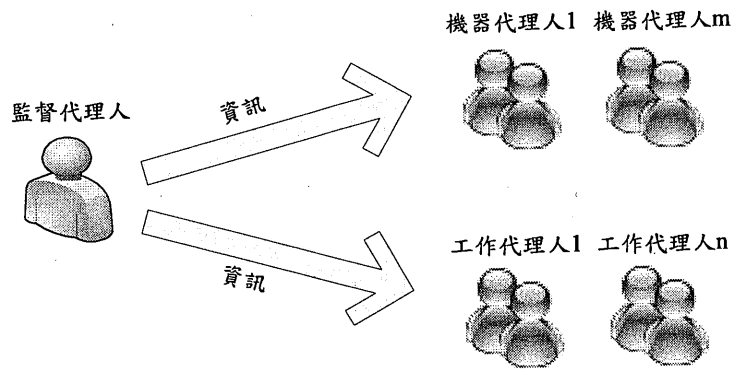


圖 9 代理人之協商過程(1)

2. 每一回協商，每一個工作代理人會發送本身的相關資訊給予每台機器代理人，而後機器代理人會根據自身的決策模式進行評估。

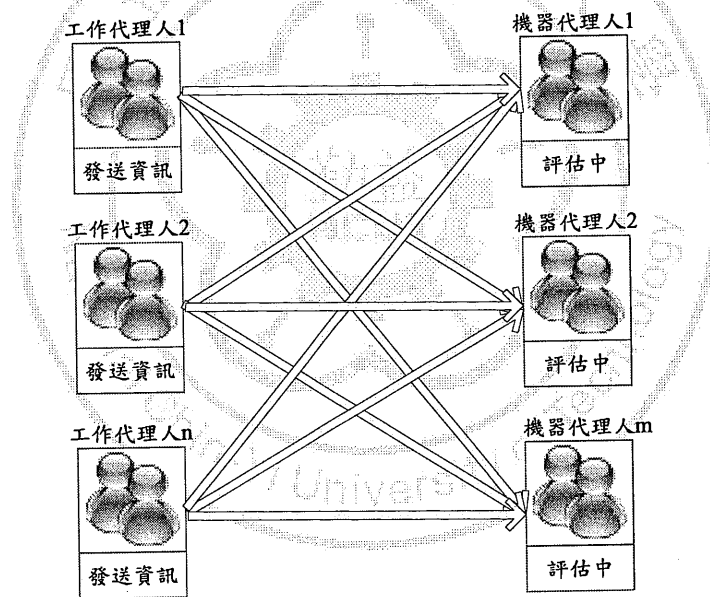


圖 10 代理人之協商過程(2)

3. 當機器代理人評估完後，如果接受工作代理人之提議，則回覆可能的排程時間與本身的相關資訊給予工作代理人。如果拒絕工作代理人之提議，則回覆拒絕之訊息資訊給予工作代理人。被機器代理人所接受工作代理人接收到資訊後會根據自身決策模式進行評估。被拒絕的工作代理人則等待下次的協商。

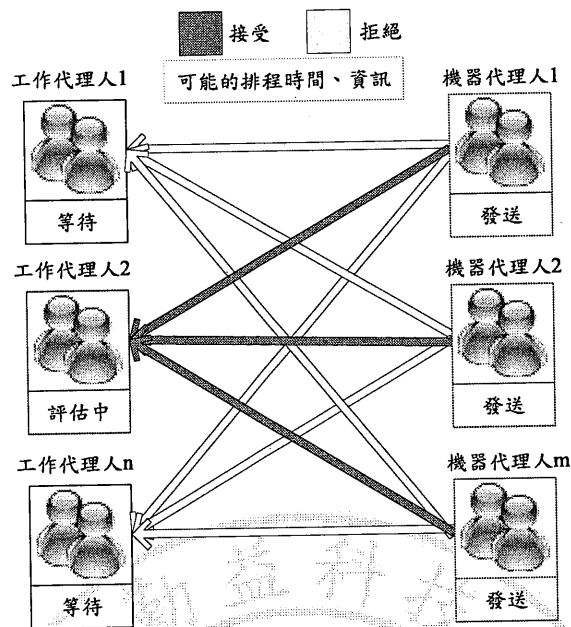


圖 11 代理人之協商過程(3)

4. 當工作代理人評估完後，如果接受機器代理人之決定，則回覆本身的相關資訊給予機器代理人。如果拒絕機器代理人之決定，則回覆拒絕之訊息資訊給予機器代理人。而被工作代理人所接受的機器代理人則表示同意處理之工作，被拒絕的機器代理人則等待下次的協商。

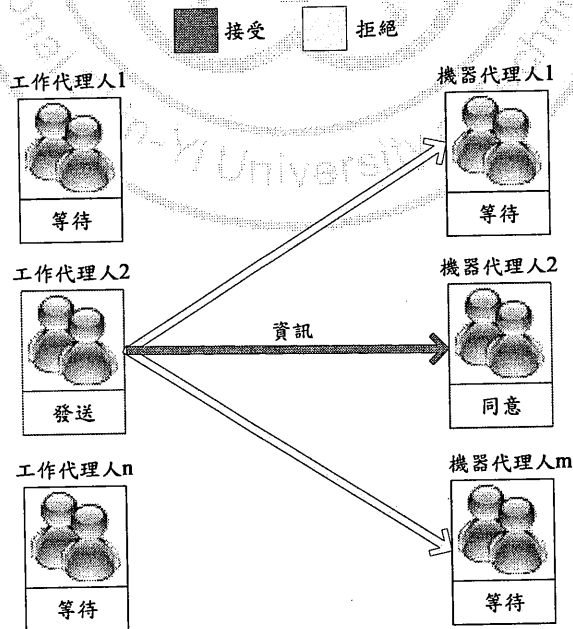


圖 12 代理人之協商過程(4)

5. 被工作代理人所接受的機器代理人將會傳遞這次協商結果給予監督代理人以及工作代理人。監督代理人接收後記錄此結果，並且將工作代理人標示為已處理的狀態以及計算當前目標值，再判斷是否有其他工作代理人未分配至機器代理人進行處理，如果有，則再依據上述的協商過程來驅動機器代理人與工作代理人之間的協商。如果沒有，則完成所有工作分配至機器上進行處理，系統則結束了。

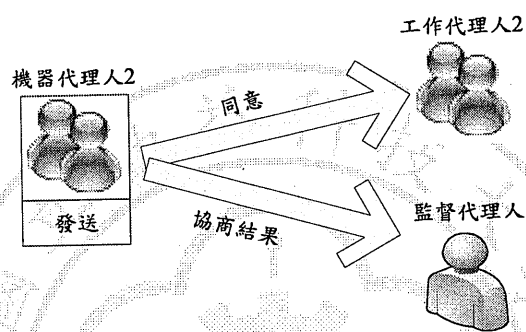


圖 13 代理人之協商過程(5)

而監控任務主要功能乃提供機器與工作突發事件之解決方法。監控過程中包含兩種事件機制，分別為機器故障機制與工作插單機制。當分配所有工作至機台之生產順序後，機器正在處理工作，發生了工作之緊急插單情況，監督代理人就會啟動工作的插單機制加以解決問題。發生了機器之故障情況，監督代理人就會啟動機器的故障機制加以解決問題。以下是說明發生工作與機器突發狀況之解決辦法以及圖 14、15 表示機器與工作解決示意圖。

1. 機器故障機制：當製造過程中發生了機器故障事件，監督代理人會把已故障機器當下所處理之工作歸類於需協商工作區以及等待未故障機器完成當前處理之工作，而後確認所需要協商之工作數以進行協商，協商完成後則更新機器與工作間製造順序，再恢復進行製造以完成工作。

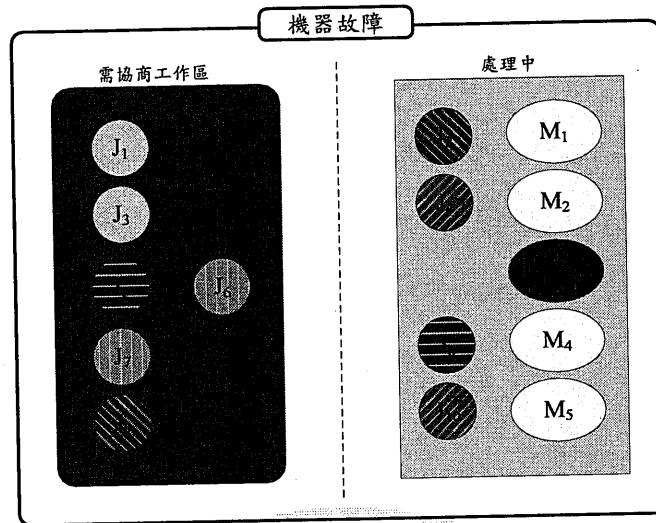


圖 14 機器故障解決示意圖

2. 工作插單機制：當製造過程中發生了工作插單事件，監督代理人會確認工作插單數以及等待所有機器完成當前處理之工作，而後確認所需要協商之工作數以進行協商，協商完成後則更新機器與工作間製造順序，再恢復進行製造以完成工作。

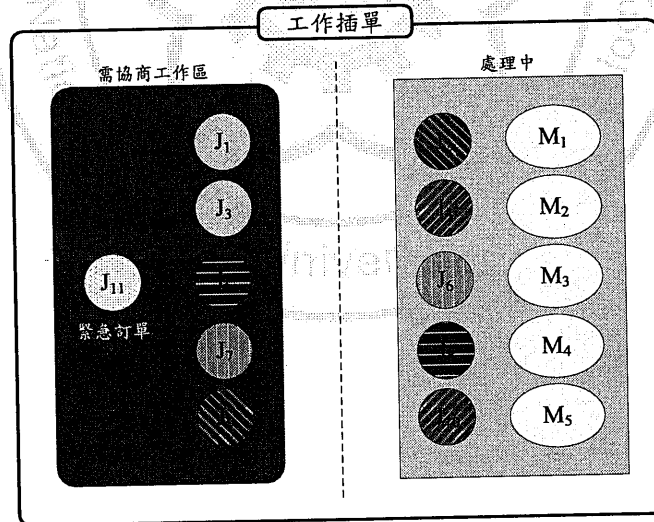


圖 15 工作插單解決示意圖

### 3.3.2 機器代理人

此代理人乃進行系統當中最重要之協商流程之使用，系統開始，系統即自動產生機器代理人，負責代表機器提供協商機制向工作代理人進行協商，其協商之



相關訊息包括工作的製造資訊與本身的負荷量等資訊。同時能向工作代理人表示接受或拒絕的工作資訊，以建立像競標協商過程之狀況，完成所有工作分配至機器進行處理。

### 3.3.3 工作代理人

此代理人乃進行系統當中最重要之協商流程之使用，系統開始，系統即自動產生工作代理人，負責代表工作提供協商機制向機器代理人進行協商，其協商之相關訊息包括機器的相關資訊與所有工作的狀況等資訊。同時也能向機器代理人表示接受或拒絕的機器資訊，以建立上節所說的競標協商之過程，以完成所有工作分配至機器進行處理。

### 3.3.4 代理人行為與溝通模式

各類別的屬性和行為如圖 16 所示，其中本研究提出 ASSPM 系統包含三種類別，分別是監督代理人、工作代理人與機器代理人。監督代理人類別主要具備協商與監控功能，在協商中是建立各個工作代理人與機器代理人，同時瞭解到工作製造資訊與每台機器的負荷量狀況。當協商開始，會記錄每一回協商結果，例如工作完工時間、已分配工作之機器負荷量等，最後完成整個協商過程會記錄每台機器所負責之工作順序並且計算其目標值，工作代理人類別(Job)具備本身的製造資訊，例如「處理時間」、「到期日」、「設置時間」以及「到達時間」等資訊，還具備自己協商機制負責每一回協商之行為。機器代理人類別(Machine)除了瞭解本身的機器負荷量，還具備自己協商機制負責每一回協商行為而瞭解每個工作之製造資訊。在監督代理人監控制造過程中，發生機器或工作之突發事件時，監督代理人將會啟動突發事件之機制，而後監督代理人會根據何種狀況做進一步的解決問題。

工作代理人類別及機器代理人類別，都屬於 ASSPM 系統的一部份，其關係為 N:1(多對一)。工作代理人類別主要工作即分配工作至機器進行處理，機器代理人類別可以處理多個工作類別，故兩者的關係為 M:N(多對多)的處理關係。圖 16 為 ASSPM 系統類別關係圖。

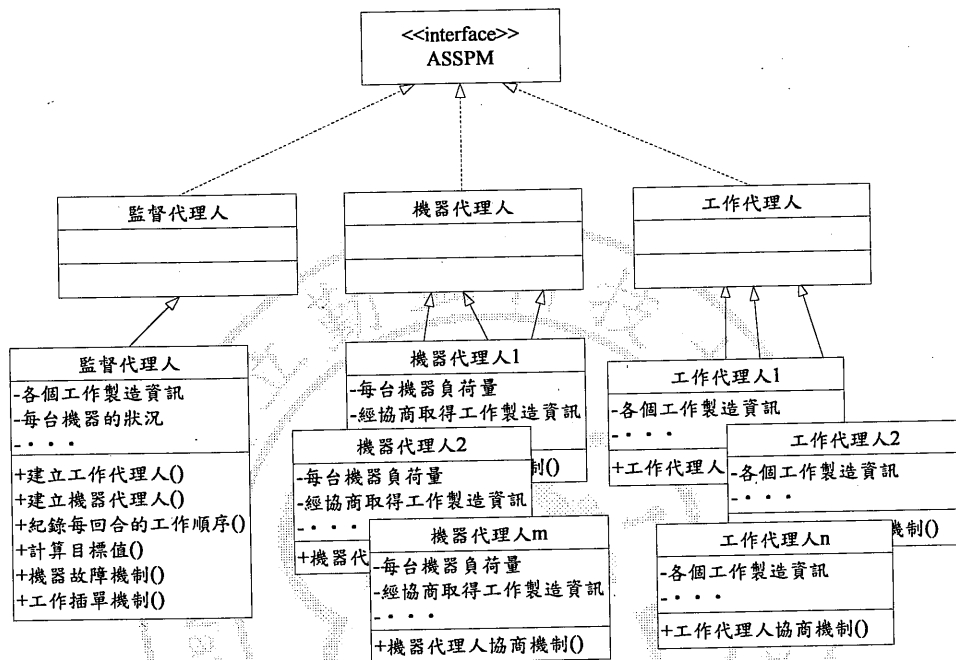


圖 16 ASSPM 系統類別關係圖

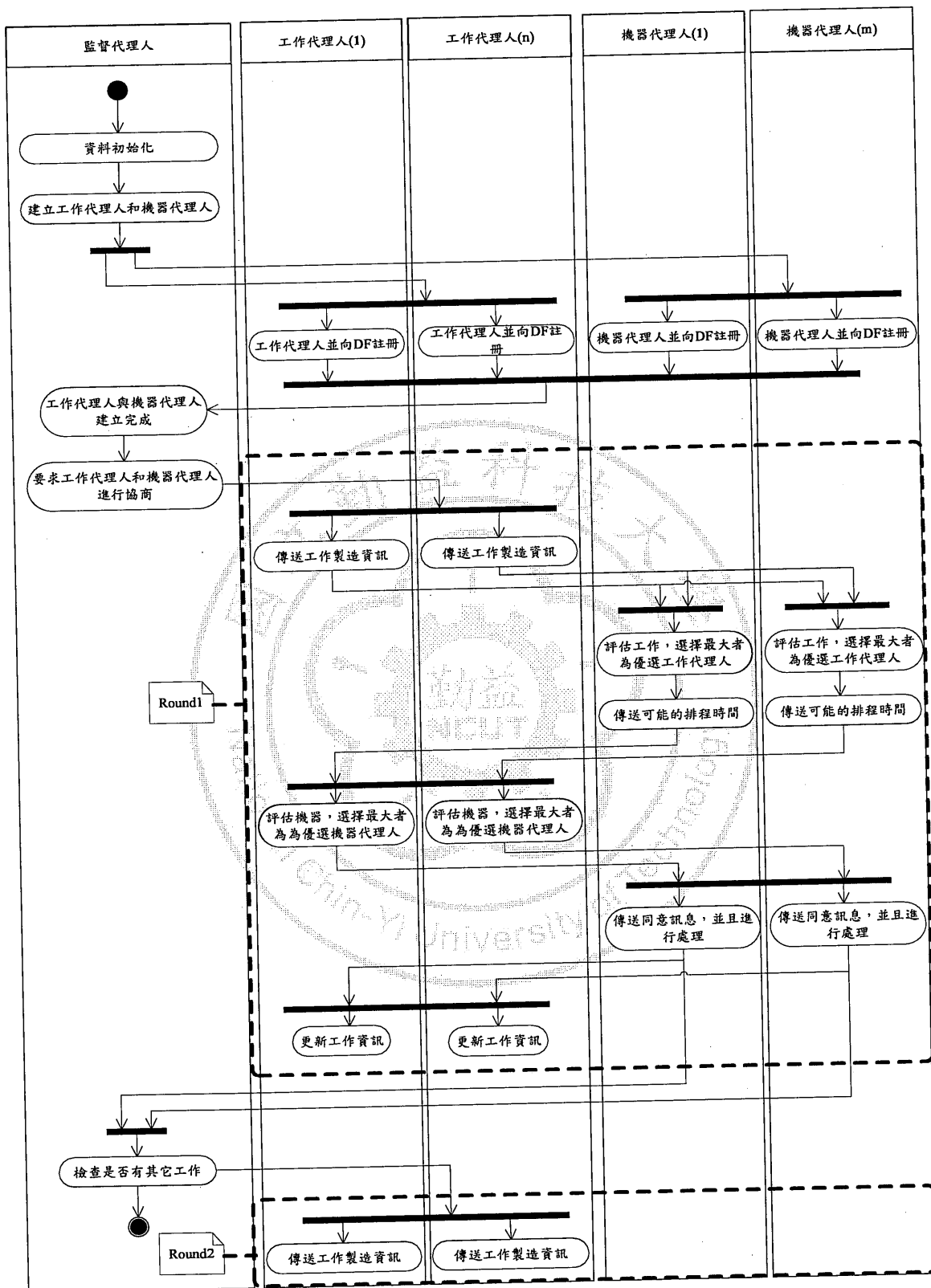


圖 17 代理人之間溝通協商流程

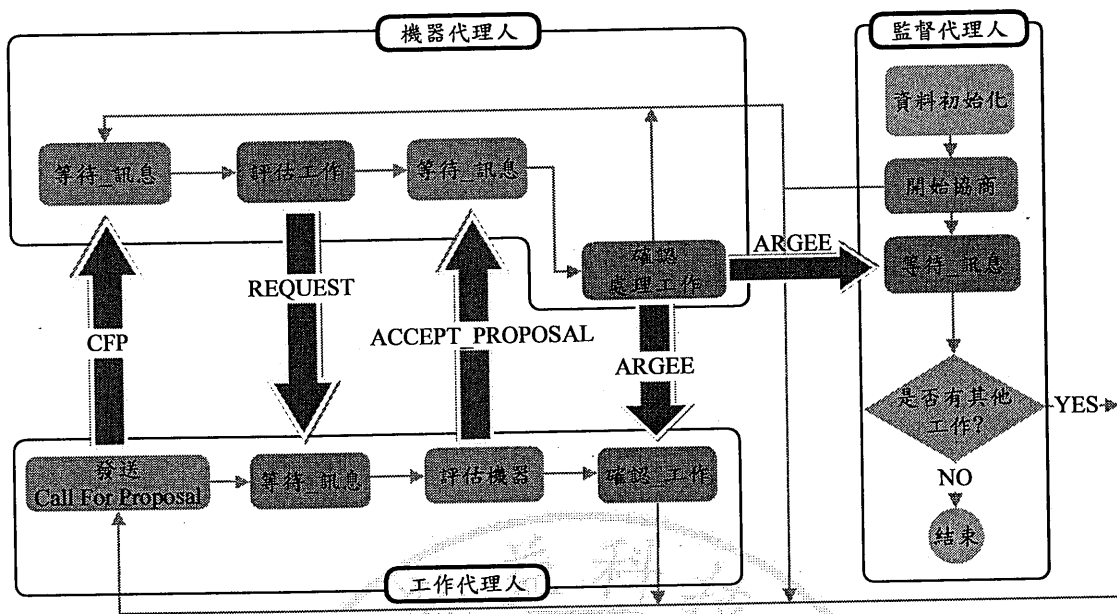


圖 18 代理人之間 ACL 協商流程

在本研究提出代理人為基之平行機排程系統，總共有 3 種類型代理人，由於系統建置在 JADE 平台上，並透過代理人溝通語言進行訊息溝通，因此每個代理人間的溝通所採取的是所謂的非同步訊息傳遞(asynchronous message passing)方式，其整個機制的設計就如同電子郵件的協定，因此，每個訊息裡要包含的資料屬性有收件者、寄件者、言語行動及訊息內容、語言等。但因為監督代理人之兩種事件機制只存在當有突發事件發生時，才會進行協調以及解決問題，所以在正常情況協商流程是不存在的。因此，如圖 17、18 所示代理人間溝通協商流程以及未包含監控功能之 ACL 協商流程。

圖 19 表示突發事件之 ACL 協商流程。當機器處理工作中發生突發事件，則啟動突發事件機制（機器故障機制或工作插單機制），再進行確認需協商工作數以啟動協商過程，等待協商完成則進一步更新製造順序，當所有機器確認它所需要製造之工作順序後，繼續製造，直到所有工作製造完成為止。

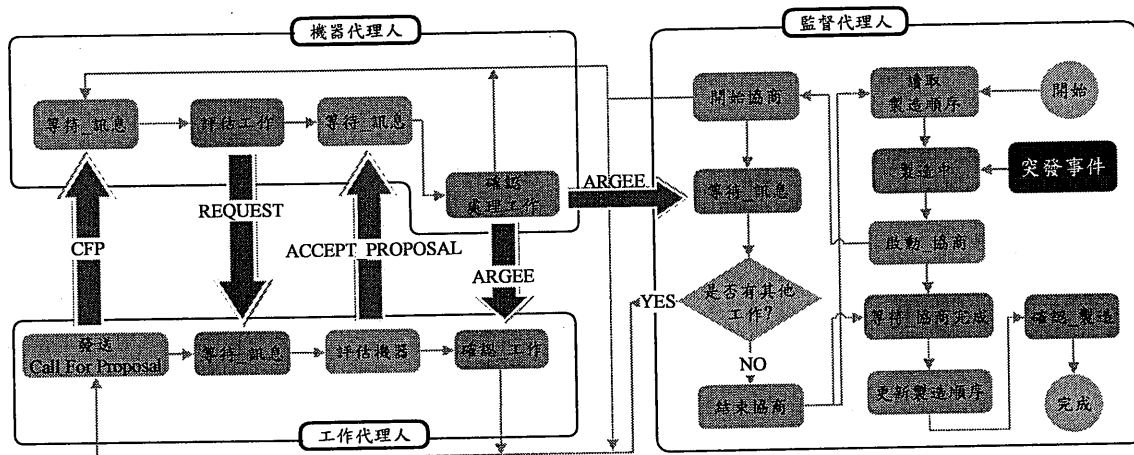


圖 19 突發事件之 ACL 協商流程

### 3.3.5 代理人決策模式

根據電蝕鋁箔作業特性，本研究要研究對象是中高壓之電蝕鋁箔製造設備。生產環境可視為合適性之平行機排程問題。首先，為了方便說明，高電壓機器與中電壓機器分別稱之為高等級機器與中等級機器，高電壓工作與中電壓工作分別稱之為高等級工作與中等級工作，而參數定義整理在表 6 和基本假設說明如下：

1.  $n_1$  與  $n_2$  分別代表高等級與中等級工作，令總工作數為  $n = n_1 + n_2$ 。
2.  $m_1$  與  $m_2$  分別代表高等級與中等級機器，令總機器數為  $m = m_1 + m_2$ 。
3. 所有機器起始時間皆為零。工作處理是不允許中斷。一台機器在某一時間只能處理一項工作，且同一工作在同一時間不可以在多台機器處理。
4. 當高等級的機器處理高等級工作  $j$  時，其處理時間為  $p_j$ ；而處理中等級工作時則需較長的處理時間為  $b_2 \times p_j$ ， $b_2 > 1$ 。同理，中等級的機器處理中等級工作  $j$  時，其處理時間為  $p_j$ ；而處理高等級工作則需較長的處理時間為  $b_1 \times p_j$ ， $b_1 > 1$ 。

表 6 參數表

參數	描述
工作處理時間( $p_j$ )	均勻分配 U(8,72)
設置時間( $s_{1j}$ )	[ $j$ ]表示工作等級 $s_1 \sim$ 均勻分配 U(4,8) $s_2 \sim$ 均勻分配 U(2,4)
到期日( $d_j$ )	到期日產生範圍包含在 $u(1-T-R/2)$ 與 $u(1-T+R/2)$ ，其中 $T=0.2$ ， $R=0.6$ ，因此 $u$ 定義為 $u = \left( \frac{\sum_{j=1}^m (p_j + s_j)}{m} \right)$
收益( $R_j$ )	如果 $j$ 為高等級工作則收益為 $2 \times p_j$ 。 同理， $j$ 為中等級工作則收益為 $p_j$
調整係數 ( $b_1, b_2, b_3, b_4$ )	$b_1 = 1.5$ ， $b_2 = 1.2$ ， $b_3 = 1.5$ ， $b_4 = 0.8$

5. 設置時間是因處理不同等級工作所造成的。在每一台機器，高等級與中等級工作設置時間分別以  $s_1$  與  $s_2$  表示。當連續處理兩個不同工作等級時，後續工作為高等級的設置時間  $b_3 \times s_1$ ， $b_3 > 1$ 。同理，後續工作為中等級的設置時間  $b_3 \times s_2$ ， $b_3 > 1$ 。

6. 機器等級與工作等級相同時，期望收益為  $R_j$ 。反之，則期望收益減少為

$$b_4 \times R_j, b_4 > 1。$$

7. 所有資訊與製造資訊皆已知。

決策模式分別為機器代理人與工作代理人決策模式，描述如下：

1. 機器代理人決策模式：考慮到最大收益和機器利用率，機器代理人會根據所有工作代理人所傳來之訊息資訊，確認最有效益工作並回覆結果給被接受的工作代理人訊息資訊。

$$CFP_k = \arg \max_k \{w_1 \times a_1 \times R_j + w_2 \times (B(k) - d_j)\} \quad (1)$$

$$\text{其中 } a_1 = \begin{cases} 1, & \text{如果機器與工作等級相同} \\ b_4, & \text{其他} \end{cases}$$

而  $w_1$  與  $w_2$  表示權重， $R_j$  表示工作的收益， $B(k)$  表示機器  $k$  開始時間， $d_j$  表示工作到期日。

2. 工作代理人決策模式：協商開始，每個工作代理人會發送訊息資訊給各個機器代理人。各個機器代理人會評估所有訊息資訊並且回覆給工作代理人訊息資訊。工作代理人是以兩個目標進行評估，分別是最小總延遲時間與流程時間，並且選擇最有效益機器並回覆結果給機器代理人。

$$E_j = \arg \min_k \{w_3 \times \max(C_j(k) - d_j, 0) + w_4 \times C_j(k)\} \quad (2)$$

而  $w_3$  與  $w_4$  表示權重， $d_j$  表示工作到期日， $C_j(k)$  表示工作  $j$  在機器  $k$  完成時間。即  $C_j(k) = B_j(k) + a_2 \times p_j + a_3 \times s_{j|k}$ ，其中  $B_j(k)$  表示工作  $j$  在機器  $k$  開始時間。

$$a_2 = \begin{cases} 1, & \text{如果機器與工作等級相同} \\ b_1, & \text{如果高等級機器處理中等級工作} \\ b_2, & \text{如果中等級機器處理高等級工作} \end{cases}$$

$$a_3 = \begin{cases} 1, & \text{如果連續處理工作都為相同等級} \\ b_3, & \text{其他} \end{cases}$$

### 3.4 效益評估

本研究採用的效益評估有四項：分別為總延遲時間 (total tardiness time, TT)、總流程時間 (total flow time, TF)、機器不平衡利用率 (unbalanced of machine utilization, U)、總收益 (total revenue, TR)。

$$TT = \sum_{j=1}^n \max(C_j - d_j, 0) \quad (3)$$

其中  $C_j$  表示工作完成時間， $d_j$  表示工作到期日。

$$TF = \sum_{j=1}^n C_j \quad (4)$$

$$U = \frac{\sum_{k=1}^m (U_{\max} - U_k)}{m \times U_{\max}} \times 100\% \quad (5)$$

其中  $m$  表示總機器數， $U_k$  表示個別機器總作業時間， $U_{\max} = \max_k U_k$ 。

$$TR = \sum_{j=1}^n R_j \quad (6)$$

其中  $R_j$  表示工作的收益。



## 第四章 產業案例導入與系統效益

本章將電蝕鋁箔產業案例導入 ASSPM 系統中，依據本研究協商過程可得知  $CFP_k^*$  與  $E_j^*$  是協商過程的關鍵，而其公式中權重  $w_1/w_2$  與  $w_3/w_4$  是關鍵參數。為了得到最佳權重組合，故進行參數實驗設計以選擇  $w_1/w_2$  與  $w_3/w_4$  之關鍵參數。而後，本研究出 ASSPM 系統與 EDD 為基礎的 H 啟發式演算法(命名為 EDD\_H)進行差異分析與效益評估。

### 4.1 實驗例子

表 7 實驗參數表(1)

參數	描述
高等級工作( $n_1$ )	$n_1, n_2$ 分別為(15, 25)與(25, 15)
中等級工作( $n_2$ )	
高等級機器( $m_1$ )	$m_1, m_2$ 分別為(3, 5)與(5, 3)
中等級機器( $m_2$ )	
權重( $w_1/w_2$ )	1/10, 2/10, 4/10, 8/10, 16/10
權重( $w_3/w_4$ )	1/10, 4/10, 16/10

本研究以 JAVA 撰寫代理人之程式，並使用 Intel Core 2 Duo-3.0GHz 的電腦進行實驗。實驗例子之工作數  $n_1, n_2$  分為(15, 25)與(25, 15)兩種；機器數  $m_1, m_2$  分為(3, 5)與(5, 3)兩種；工作處理時間由均勻分配  $U(8,72)$  產生；設置時間  $s_1, s_2$  使

用均勻分配 U(4,8)與 U(2,4)；到期日之工作延遲因子 T 為 0.2，而工作離散因子 R 為 0.6，其詳細資料說明於表 6。機器與工作之實驗組合共有 4 種組合，每一種組合均進行 30 個例子，總共 120 個例子，而權重組合共有 15 種組合，故總共進行 1800 次實驗。實驗參數表(1)如表 7 所示。

## 4.2 參數實驗

利用實驗設計的方式針對 ASSPM 系統之權重進行最佳化參數，主要參數實驗包含：工作數與機器數之組合、權重  $w_1/w_2$  與權重  $w_3/w_4$  之組合。首先，根據工作數與機器數之 4 種組合進行多變量分析(multivariate analysis of variance, MANOVA)以確定最佳權重組合  $w_1/w_2$  與  $w_3/w_4$  之關鍵參數。從表 8、9 結果得知對於本研究多目標而言， $w_1/w_2$  是顯著因子，而  $w_3/w_4$  不完全是。再由圖 20 至 31 交互效應分析圖可看出，當  $w_1/w_2$  權重組合不同時， $w_3/w_4$  為 1/10、4/10 或 16/10 時其結果差異微乎其微，因此本研究選擇  $w_3/w_4$  為 1/10 以作為較佳之權重組合。再依據  $w_1/w_2$ 、工作數與機器數之組合，產生實驗例子參數組合如表 10 所示。

表 8 多變量分析之 wilks' lambda 變數選擇法

效應項	數值	F 檢定	假設自由度	顯著性
權重 1_2	0.209	228.13	16	0.000
權重 3_4	1.000	0.02	8	1.000
權重 1_2 * 權重 3_4	1.000	0.02	32	1.000

表 9 受測者間效應項檢定

來源	依變數	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性
權重 1_2	TT	4	14770464.98	823.98	0.000
	TF	4	52198909.44	310.16	0.000
	U	4	1956.79	257.24	0.000
	TR	4	1277.87	0.02	0.999
權重 3_4	TT	2	208.02	0.01	0.988
	TF	2	83.84	0.00	1.000
	U	2	0.49	0.06	0.938
	TR	2	34.30	0.00	0.999
權重 1_2 * 權 重 3_4	TT	8	108.46	0.01	1.000
	TF	8	396.47	0.00	1.000
	U	8	0.49	0.06	1.000
	TR	8	36.85	0.00	1.000

依據表 10 實驗例子參數組合，進行 ANOVA 分析與圖 23 交互效應分析圖，得知對於 TR(總收益)而言，任何權重組合均無顯著性；而 TT(總延遲時間)、TF(總流程時間)與 U(機器不平衡利用率)都有顯著上的差異。再由圖 20 至 22 交互效應分析圖可看出，當權重值  $w_1/w_2$  為 1/10 或 2/10 時所求得之解品質較佳，因此本研究暫定選擇 1/10 為較佳之  $w_1/w_2$  值，而  $w_3/w_4$  則選擇 1/10。

表 10 實驗例子參數組合

$W_1$ 與 $W_2$	組合	機器數	工作數
1/10	I	(3, 5)	(15, 25)
	II	(3, 5)	(25, 15)
	III	(5, 3)	(15, 25)
	IV	(5, 3)	(25, 15)
2/10	I	(3, 5)	(15, 25)
	II	(3, 5)	(25, 15)
	III	(5, 3)	(15, 25)
	IV	(5, 3)	(25, 15)
4/10	I	(3, 5)	(15, 25)
	II	(3, 5)	(25, 15)
	III	(5, 3)	(15, 25)
	IV	(5, 3)	(25, 15)
8/10	I	(3, 5)	(15, 25)
	II	(3, 5)	(25, 15)
	III	(5, 3)	(15, 25)
	IV	(5, 3)	(25, 15)
16/10	I	(3, 5)	(15, 25)
	II	(3, 5)	(25, 15)
	III	(5, 3)	(15, 25)
	IV	(5, 3)	(25, 15)

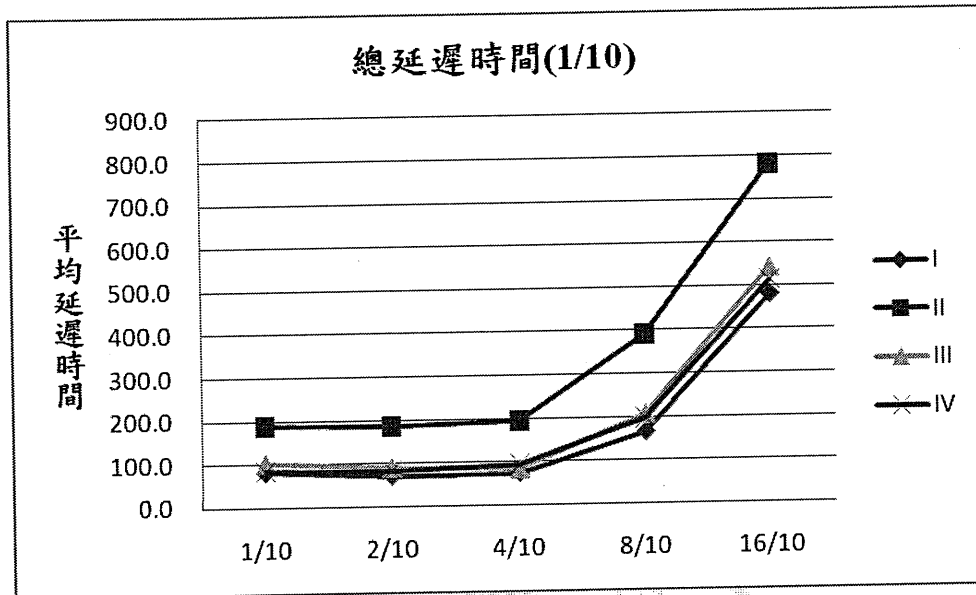


圖 20 總延遲時間之 1/10 交互效應分析圖

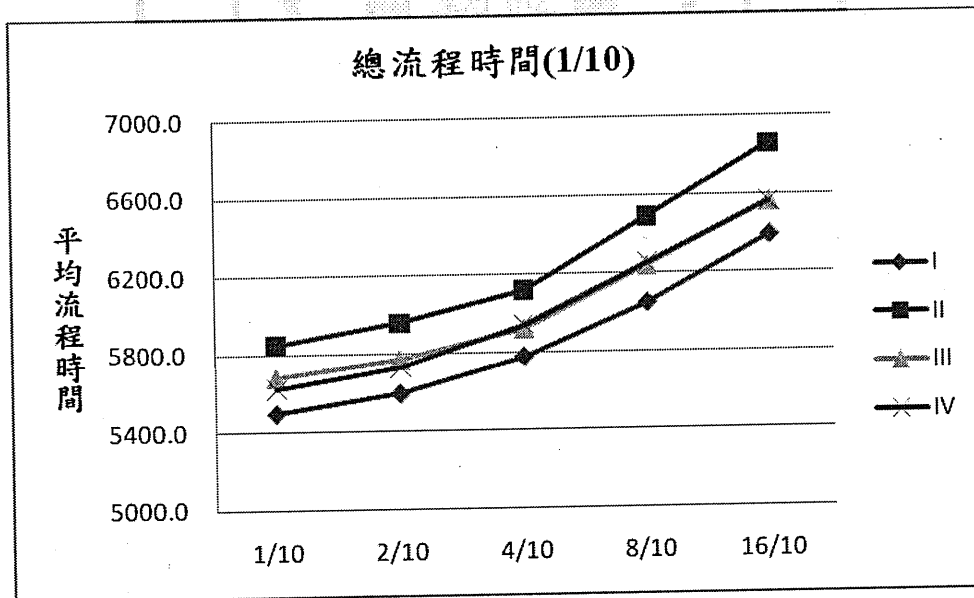


圖 21 總流程時間之 1/10 交互效應分析圖

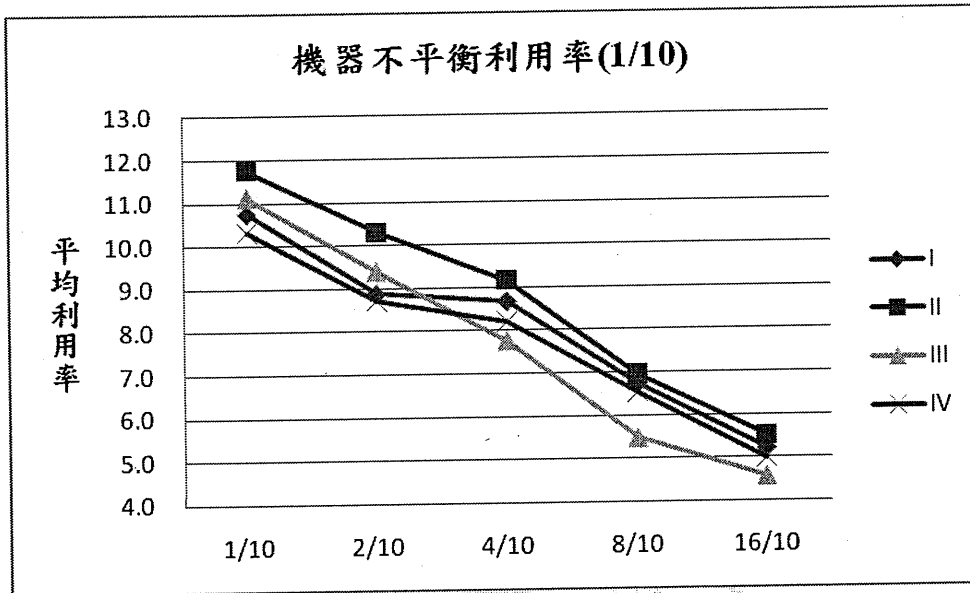


圖 22 機器不平衡利用率之 1/10 交互效應分析圖

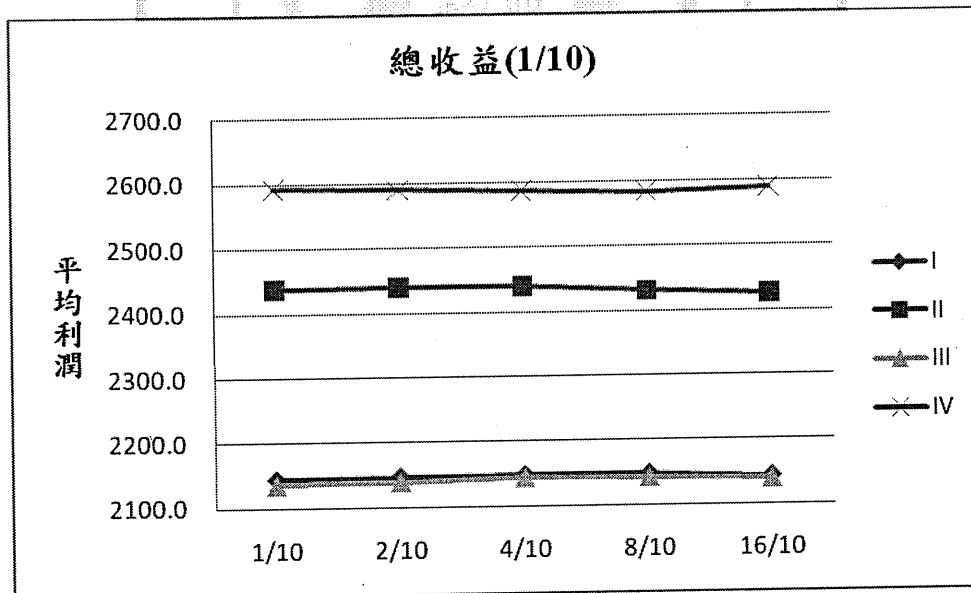


圖 23 總收益之 1/10 交互效應分析圖

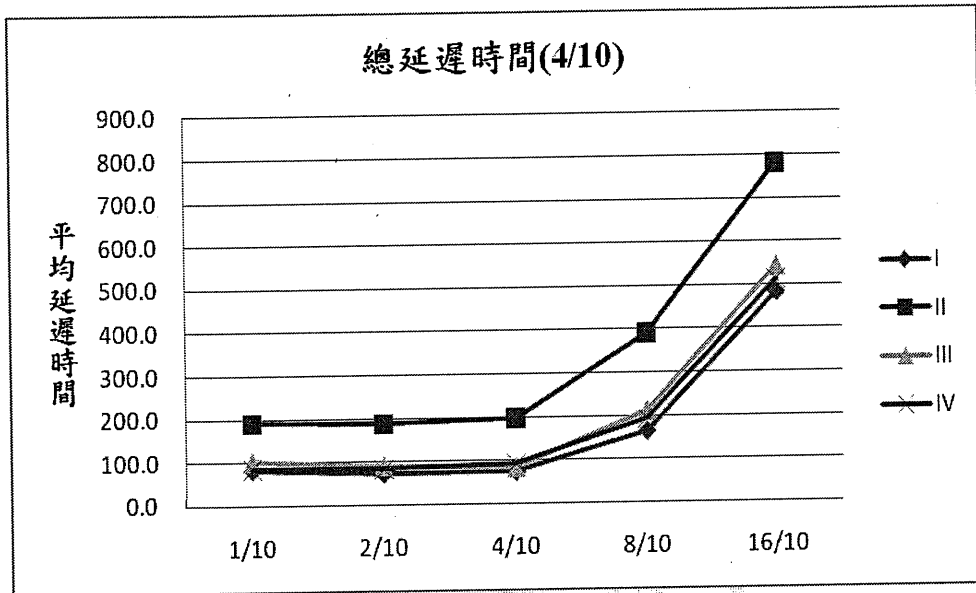


圖 24 總延遲時間之 4/10 交互效應分析圖

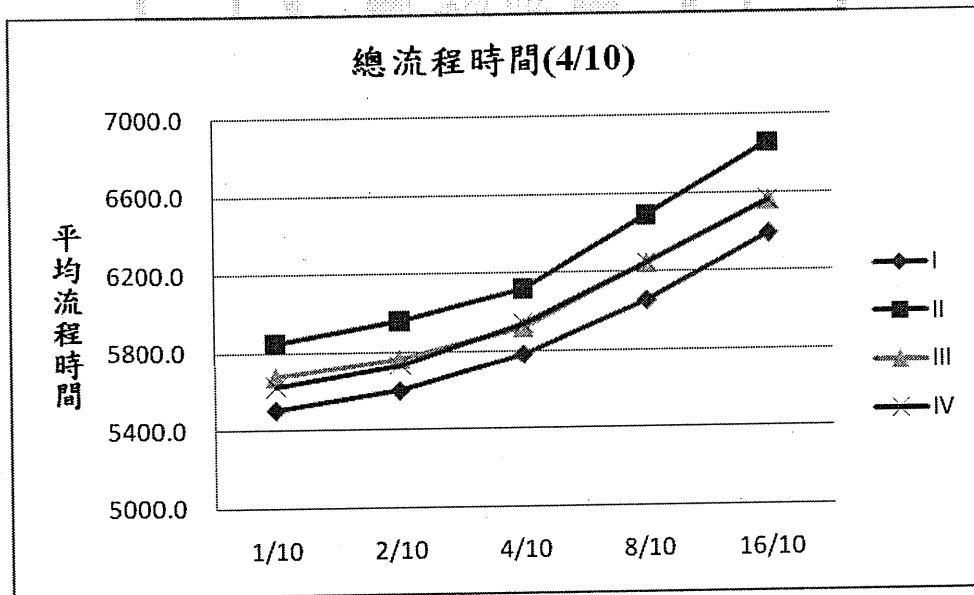


圖 25 總流程時間之 4/10 交互效應分析圖

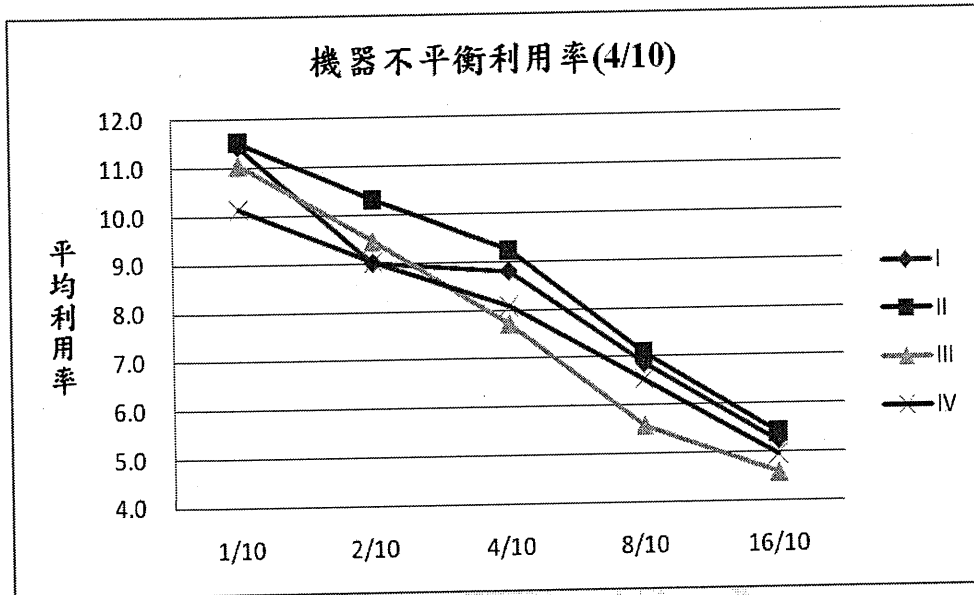


圖 26 機器不平衡利用率之 4/10 交互效應分析圖

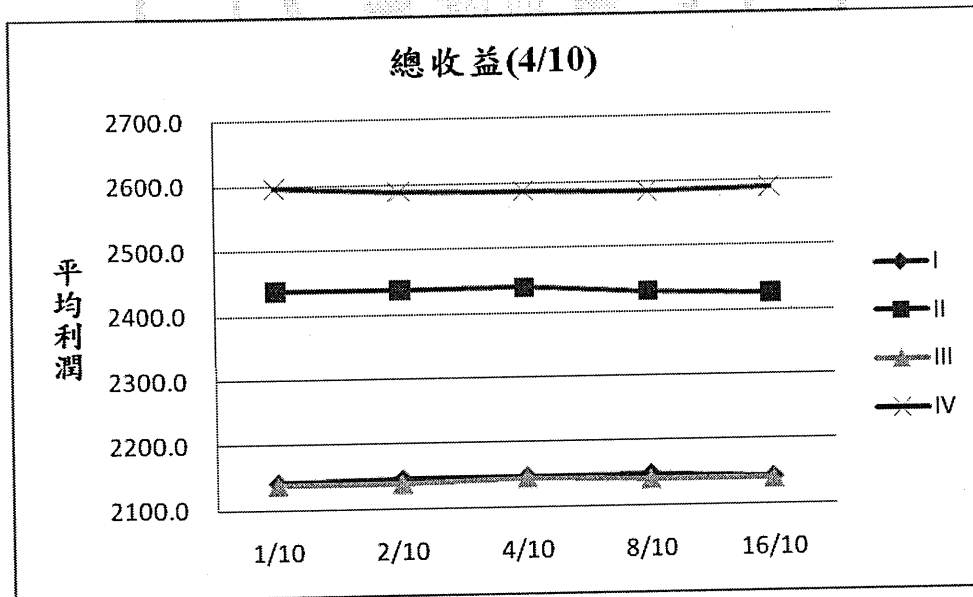


圖 27 總收益之 4/10 交互效應分析圖



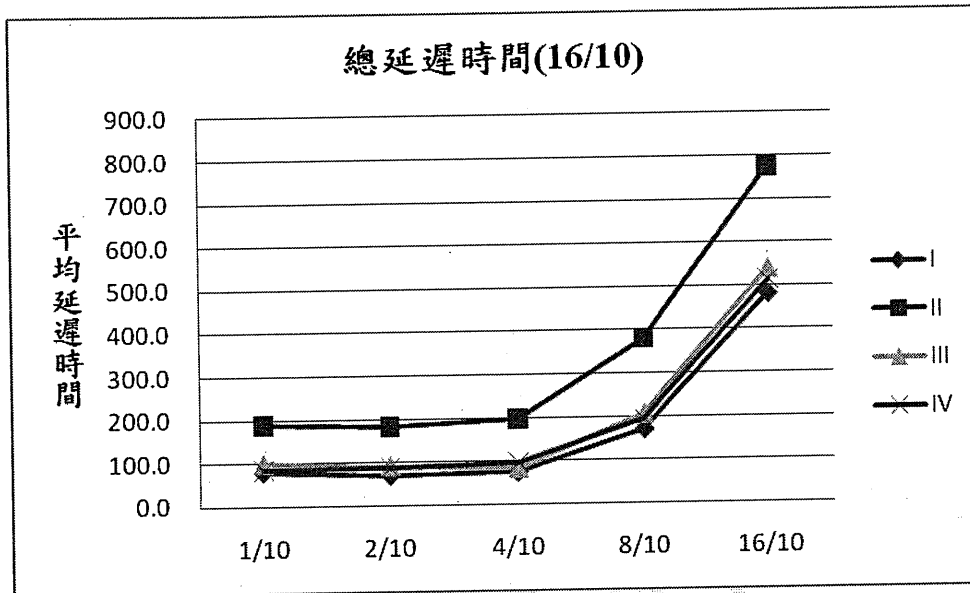


圖 28 總延遲時間之 16/10 交互效應分析圖

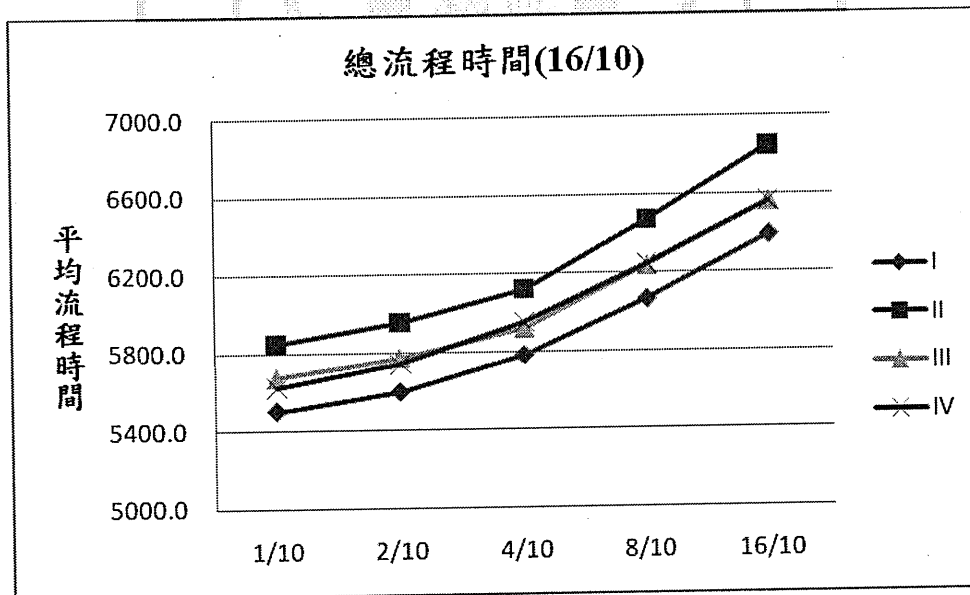


圖 29 總流程時間之 16/10 交互效應分析圖

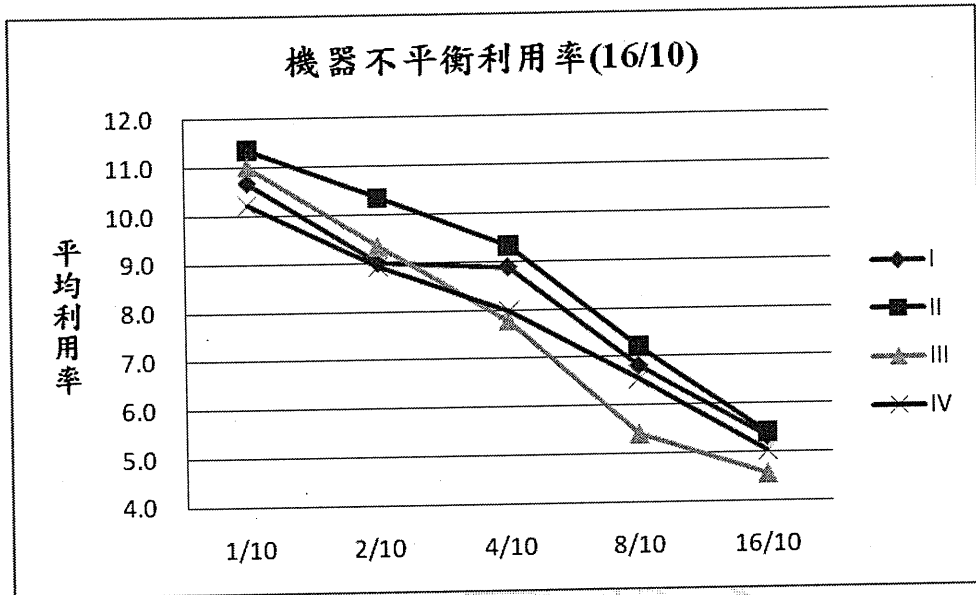


圖 30 機器不平衡利用率之 16/10 交互效應分析圖

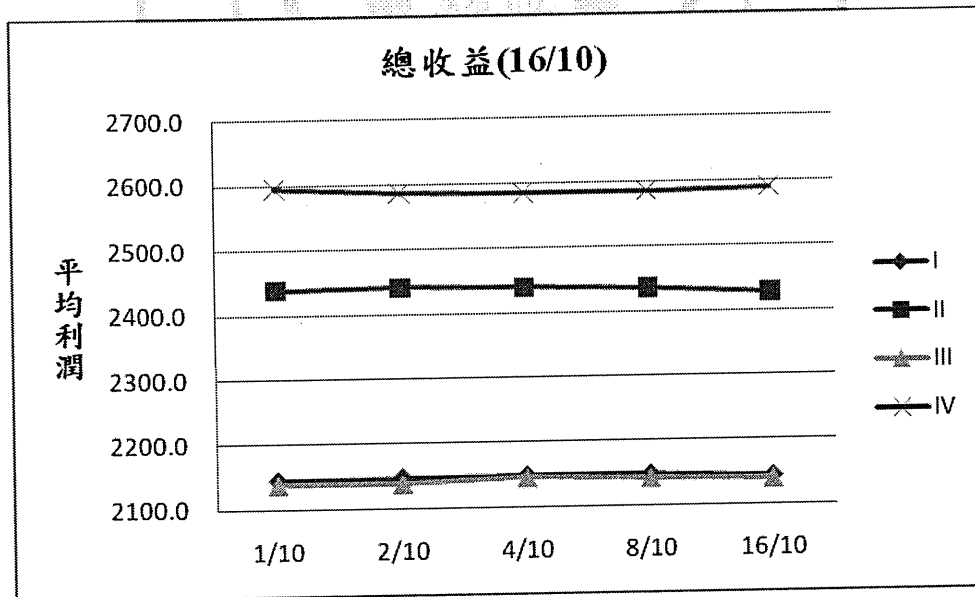


圖 31 總收益之 16/10 交互效應分析圖

本研究暫定選擇  $w_1/w_2$  為 1/10 較佳之權重值，而  $w_3/w_4$  則選擇 1/10。因此，本研究再進行不同的權重組合之參數實驗以確定本研究的最佳權重組合，實驗例子之工作數  $n_1$ 、 $n_2$  同樣為(15, 25)與(25, 15)兩種；機器數  $m_1$ 、 $m_2$  為(3, 5)與(5, 3)兩種。機器與工作之實驗組合共有 4 種組合，每一種組合均進行 30 個例子，總共 120 個例子。在權重部分，因  $w_3/w_4$  權重組合在前述實驗得知當  $w_1/w_2$  權重組合不同時， $w_3/w_4$  為 1/10、4/10 或 16/10 時其結果差異不大，所以  $w_3/w_4$  為 1/10 以作為實驗組合，故實驗共有 5 種組合，總共進行 600 次實驗。實驗參數表(2)如表 11 所示。

表 11 實驗參數表(2)

參數	描述
高等級工作( $n_1$ )	$n_1, n_2$ 分別為(15, 25)與(25, 15)
中等級工作( $n_2$ )	
高等級機器( $m_1$ )	$m_1, m_2$ 分別為(3, 5)與(5, 3)
中等級機器( $m_2$ )	
權重( $w_1/w_2$ )	0.5/10, 1/10, 3/10, 9/10, 27/10
權重( $w_3/w_4$ )	1/10

由圖 32 至 35 可看出，在權重值  $w_1/w_2$  為 0.5/10 或 1/10 時所獲得的結果是較佳的，再由以上實驗結果與表 12 得知 3 種權重組合之求得品質差異不大。整體而言，本研究決定選擇 1/10 為最佳  $w_1/w_2$  值，而  $w_3/w_4$  選擇 1/10。

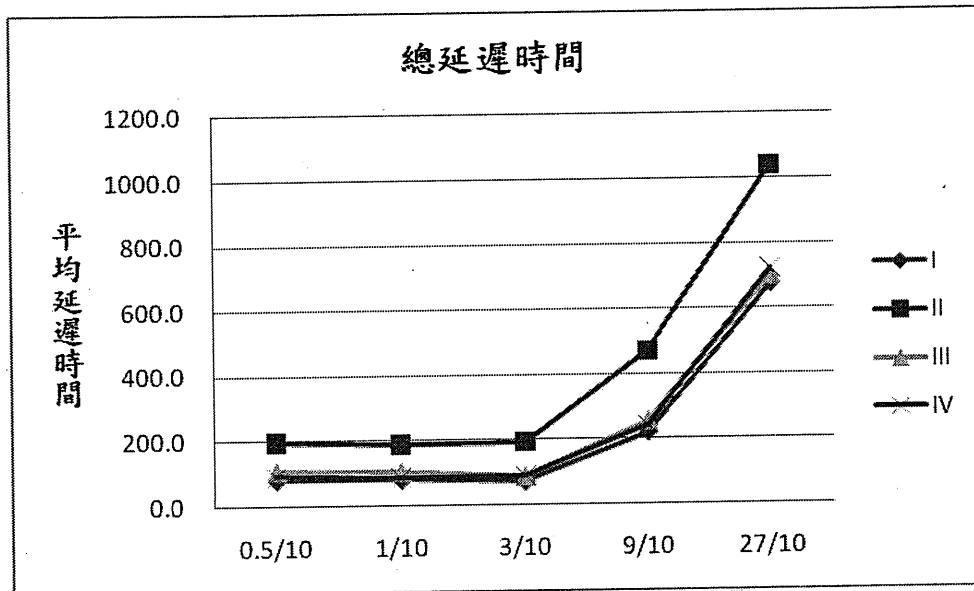


圖 32 總延遲時間之交互效應分析圖

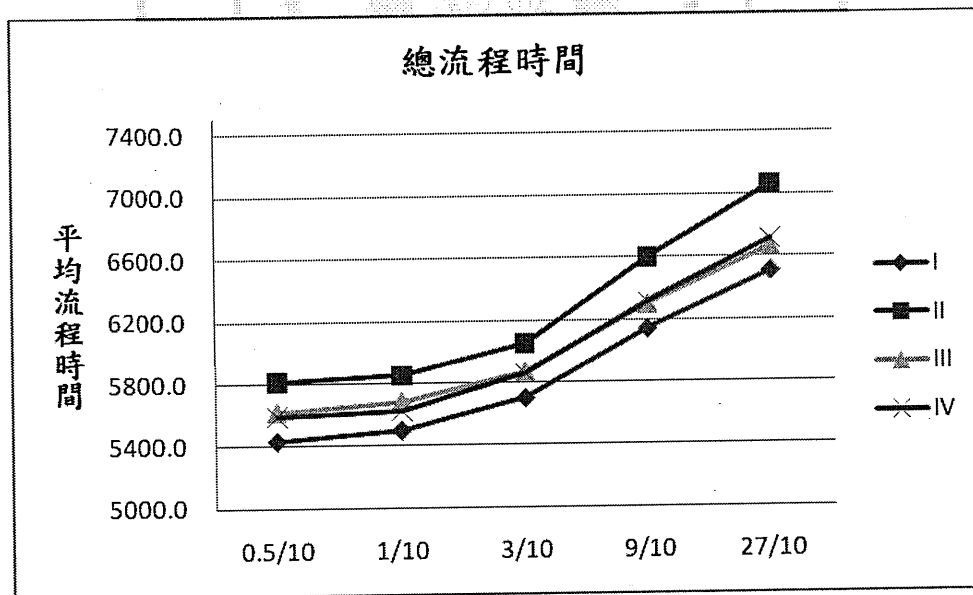


圖 33 總流程時間之交互效應分析圖

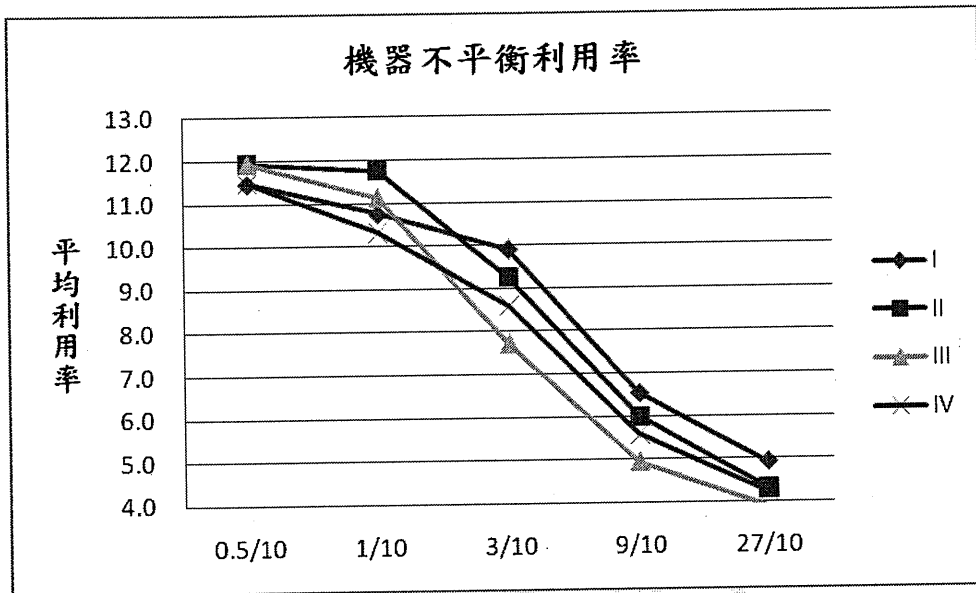


圖 34 機器不平衡利用率之交互效應分析圖

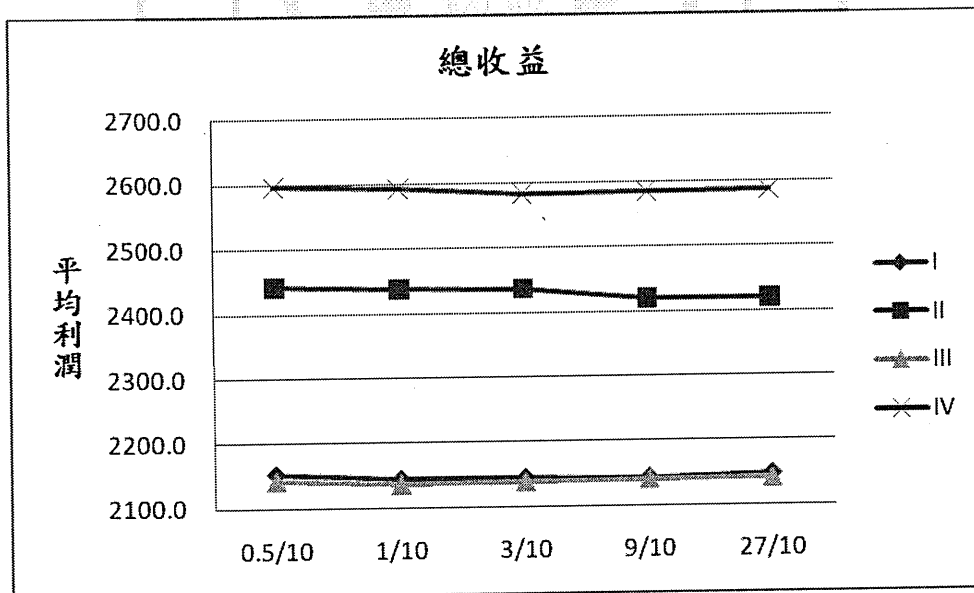


圖 35 總收益之交互效應分析圖

表 12 三種權重組合之數據比較

目標/權重	工作與機器之組合					平均
	I	II	III	IV		
TT	0.5/10	80.6	195.6	107.2	91.6	118.8
	1/10	80.2	187.7	103.2	84.8	114.0
	2/10	70.5	185.0	90.6	82.6	107.2
TF	0.5/10	5433.8	5810.4	5618.3	5588.3	5612.7
	1/10	5499.1	5850.6	5681.8	5623.2	5663.7
	2/10	5596.3	5958.7	5767.9	5729.2	5763.0
U	0.5/10	11.5	11.9	11.9	11.5	11.7
	1/10	10.8%	11.8%	11.1%	10.3%	11.0
	2/10	8.9%	10.3%	9.4%	8.7%	9.3
TR	0.5/10	2152.9	2441.2	2142.3	2596.9	2333.3
	1/10	2143.7	2438.3	2135.9	2593.0	2327.7
	2/10	2147.0	2439.3	2139.1	2589.8	2328.8

確定最佳權重組合後，為了評估 ASSPM 系統得效益，發展 H 演算法。演算法應用最早到期日(EDD)法則去獲得初始的工作順序，再根據可利用機器優先派工(first available machine, FAM)法則去獲得工作分配。其步驟說明如下：

1. 所有需處理工作  $N = \{j = 1, 2, \dots, n\}$ ，依交期先後順序由小到大排序，設排序後的集合為  $\bar{N}$ 。機器開始時間以  $B(k) = 0$ ， $k = 1, 2, \dots, m$  表示。

2. 將排序後的工作  $\bar{N}$ ，前  $j$  個工作，計算工作  $j$  在機器  $k$  完成時間  $C_j(k)$ ，即  $C_j(k) = B_j(k) + a_2 \times p_j + a_3 \times s_{j,j}$ 。根據  $k^* = \arg \min_k C_j(k)$  分配工作  $j$  至機器  $k^*$  進行處理。
3. 將工作  $j$  從  $\bar{N}$  序列中刪除。如果  $\bar{N} \neq \phi$ ，則  $B_j(k^*) = C_j$ ， $j=j+1$ ，並且繼續執行 2，若  $\bar{N} = \phi$  則結束。
4. 依此方式將所有工作依序分配至機台上進行處理，並計算其目標值。

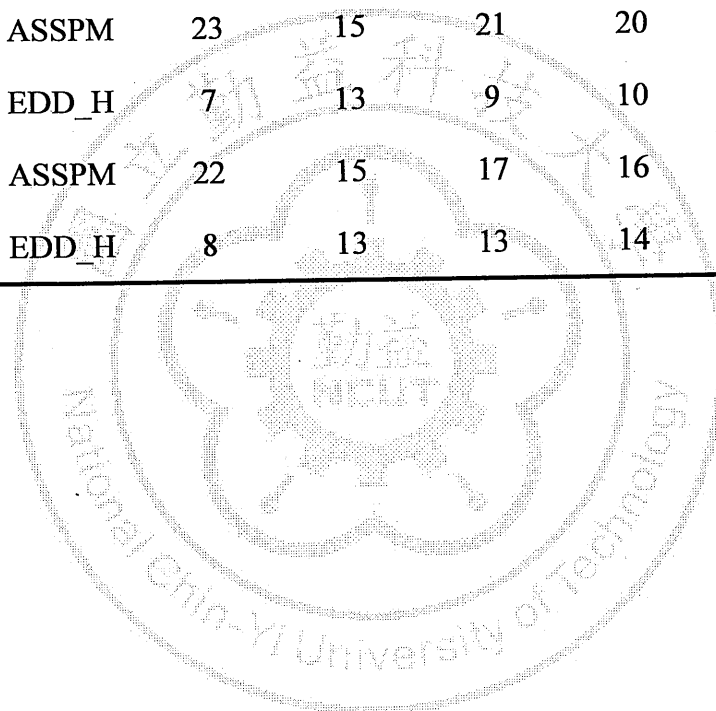
而後，ASSPM 系統與 EDD 為基礎的 H 啟發式演算法(命名為 EDD\_H)進行比較，每一種組合執行 30 個例子，總共 120 個例子。比較結果以表 13 表示之。從表 13 得知本研究所提出 ASSPM 系統在 TT 與 U 各方面都優於 EDD\_H。表 14 最佳例子數目都優於 EDD\_H，整體來說 ASSPM 系統能獲得不錯的績效表現。

表 13 四種衡量目標之比較結果表

目標/方法	組合				平均	
	I	II	III	IV		
TT	ASSPM	80.2	187.7	103.2	84.8	114
	EDD_H	91.8	202.2	114.2	105.6	128.4
TF	ASSPM	5499.1	5850.6	5681.8	5623.2	5663.7
	EDD_H	5370.7	5765.8	5577.1	5555.6	5567.3
U	ASSPM	10.8%	11.8%	11.1%	10.3%	11%
	EDD_H	12.5%	12.5%	12.6%	11.9%	12.4%
TR	ASSPM	2143.7	2438.3	2135.9	2593	2327.7
	EDD_H	2155.2	2442.2	2145.3	2594.2	2334.3

表 14 四種衡量目標之最佳例子數目表

目標/方法	組合				總和	
	I	II	III	IV		
TT	ASSPM	21	22	22	22	87
	EDD_H	9	8	8	8	33
TF	ASSPM	5	5	4	11	25
	EDD_H	25	25	26	19	95
U	ASSPM	23	15	21	20	79
	EDD_H	7	13	9	10	39
TR	ASSPM	22	15	17	16	70
	EDD_H	8	13	13	14	48





## 第五章 模擬製造電蝕鋁箔

### 5.1 系統建置

從協商觀點來看，每台機器與各個工作皆擁有各自專屬的代理人，而每個代理人可以具有不同的特性功能，且代理人彼此間皆擁有各自的識別碼(ID)，如 MA\_1、MA\_2、JA\_1 與 JA\_2。在一個正常的協商過程中，每當工作協商確認至機台以等待被處理，等下次協商過程中則會忽略已分配工作，直到所有工作協商完成，即協商結束，因此可進一步模擬的製造過程。當製造過程存在於突發事件時，則需要解決突發事件之機制，目的在於能在最短時間內減少閒置時間與恢復正常製造過程。

在說明突發事件之機制前，先了解 ASSPM 系統之協商功能與使用者操作介面說明如下所示：

代理人是向 JADE 平台之目錄服務器 DF(Directory Facilitator)進行註冊，DF 可以協助代理人其所能提供之服務項目及其相關屬性、本體論等，也可以解除註冊。而「Sniffer Agent」，為一個圖形化的訊息監聽代理人，此代理人將以順序圖的方式呈現代理人之間每個訊息的交換狀況。Sniffer Agent 允許選擇特定的 JADE 平台當中的代理人以監聽其代理人之間的訊息交換，例如：圖 36 的操作程序可以監看工作與機器代理人之間訊息傳遞。箭頭的尾代表訊息發送者，箭頭的頭代表訊息接收者。使用者如將滑鼠移至訊息的箭號按滑鼠右鍵，接著選擇“View Message”即可檢視該訊息的內容或是直接對著箭號連按兩下，也可檢視該訊息的內容。當使用者進入系統畫面，選擇「執行」，即可透過此按鍵選擇實驗例子檔案，透過選擇檔案，系統會讀取檔案內相關資訊，即進一步啟動機器與工作之協商過程，當所有工作分配至機器即完成協商，其系統畫面如圖 37。

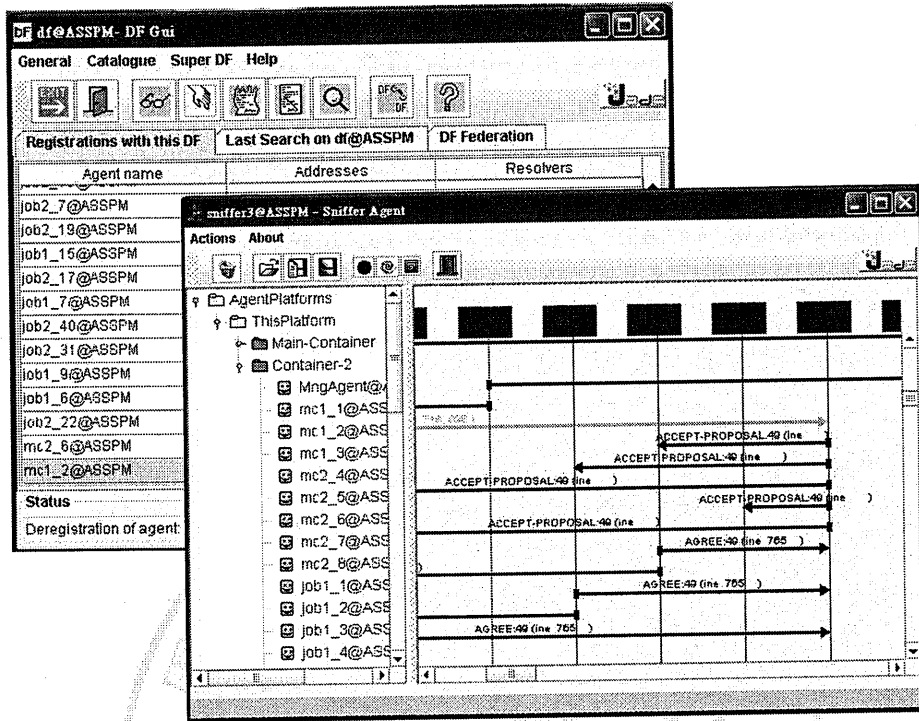


圖 36 代理人註冊與 ACL 訊息監控

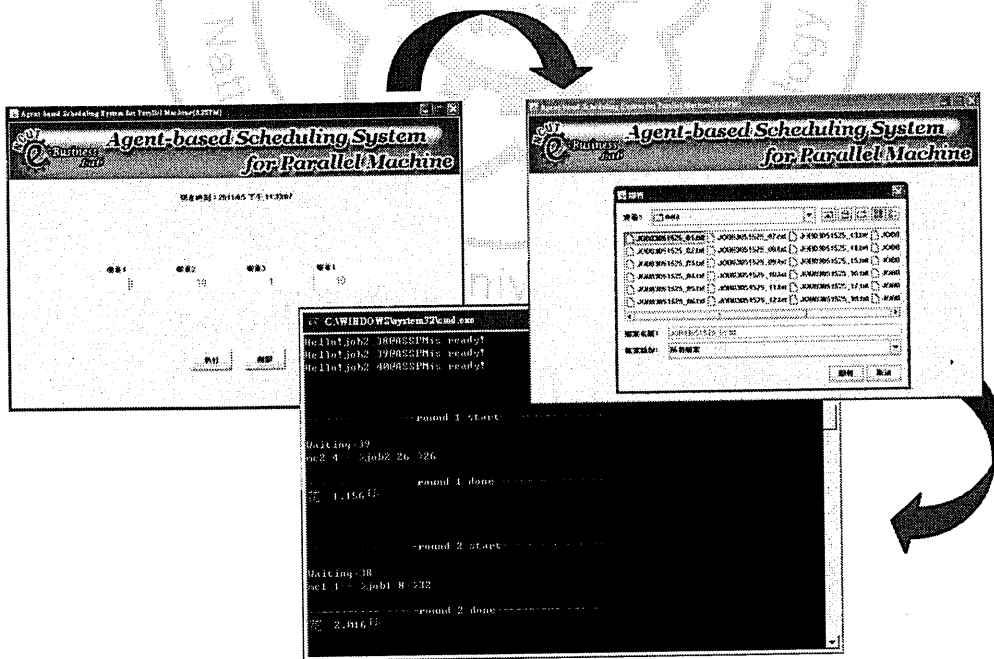


圖 37 操作流程與畫面

而突發事件之機制包含機器故障機制與工作插單機制。當在模擬製造過程中，發生了機器故障，則監督代理人會立即啟動機器故障機制，而機制會確認共有幾台機器故障、需要重新協商之工作數以及等待其它未故障機器完成當前工作，確認與等待完成後，再進行重新協商，協商完成則會更新所有安排在未故障機器之工作順序，即可恢復製造過程，直到製造完成所有工作為止，其機器故障機制流程如圖 38 所示，圖 41 表示機器故障之程序畫面。

而發生了工作插單故障，則監督代理人會立即啟動工作插單機制，而機制會確認共有多少工作插單件數、需要重新協商之工作數以及等待其它所有機器完成當前工作，等待與確認完成後，再進行重新協商，協商完成後則會更新所有未處理之工作至機器順序，即可恢復製造過程，直到製造完成所有工作為止，其工作插單機制流程如圖 39 所示，圖 42 表示工作插單之程序畫面。

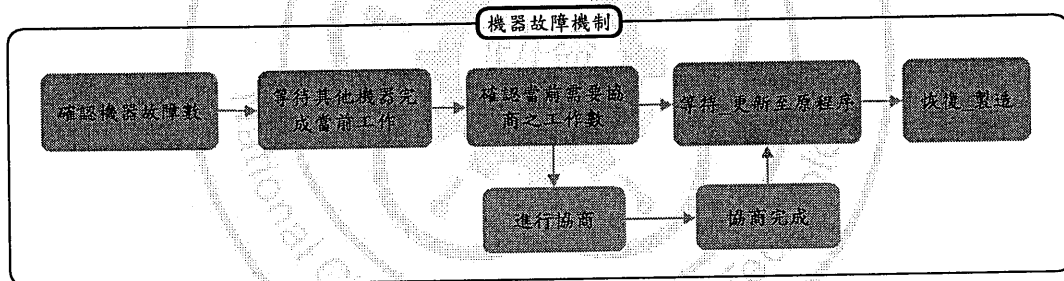


圖 38 機器故障之解決流程

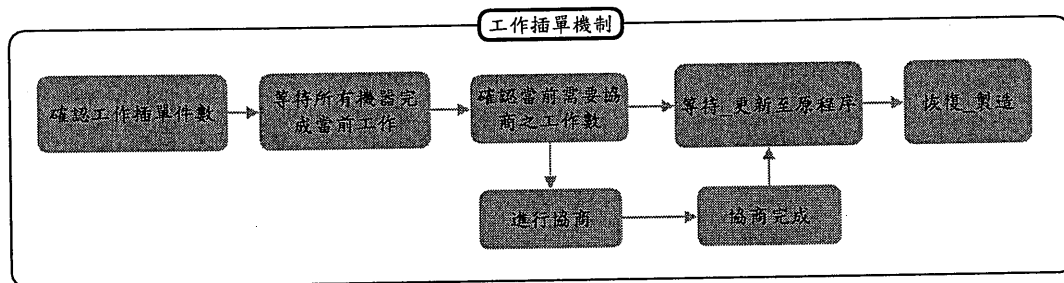


圖 39 工作插單之解決流程

## 5.2 模擬製造過程

由於本研究為了說明當發生在製造過程中的突發事件以及該如何去解決問題。因此，本研究模擬電蝕鋁箔製造過程以及說明所使用的事件機制與結果。圖 40 表示如何模擬正常的製造過程，透過 ASSPM 系統使用者介面之「執行」鍵選取案例檔案，系統則會讀取裡面內容相關資訊以顯示出透過之前的協商過程，所獲得的機器與工作間製造順序並進行模擬製造。在模擬製造過程中，只要機器完成當前的工作則會在工作名稱與完工時間旁邊加註「\*」以表示完成工作，當所有機器完成它所負責之工作時，則模擬正常製造過程即結束。而發生在製造過程中的突發事件，說明如下所示：

1. 機器故障事件：在 ASSPM 系統使用者介面中，可設定機器故障數以模擬製造過程中的突發事件。圖 41 表示系統介面預設機器故障數為 2 台，因此會從所有機器中隨機選取 2 台機器故障，而後會確認還未做完以及未處理之工作數，進行協商以獲得更新後的機器與工作間製造順序，最後恢復製造以完成工作即結束模擬過程。
2. 工作插單事件：在 ASSPM 系統使用者介面中，可設定工作插單件數以模擬製造過程中的突發事件。圖 42 表示系統介面預設工作插單件數為 2 件，因此會產生兩件工作之工作等級、處理時間、設置時間與到期日，而後會確認未處理之工作數與插單件數，進行協商以獲得更新後的機器與工作間製造順序，最後恢復製造以完成工作即結束模擬過程。

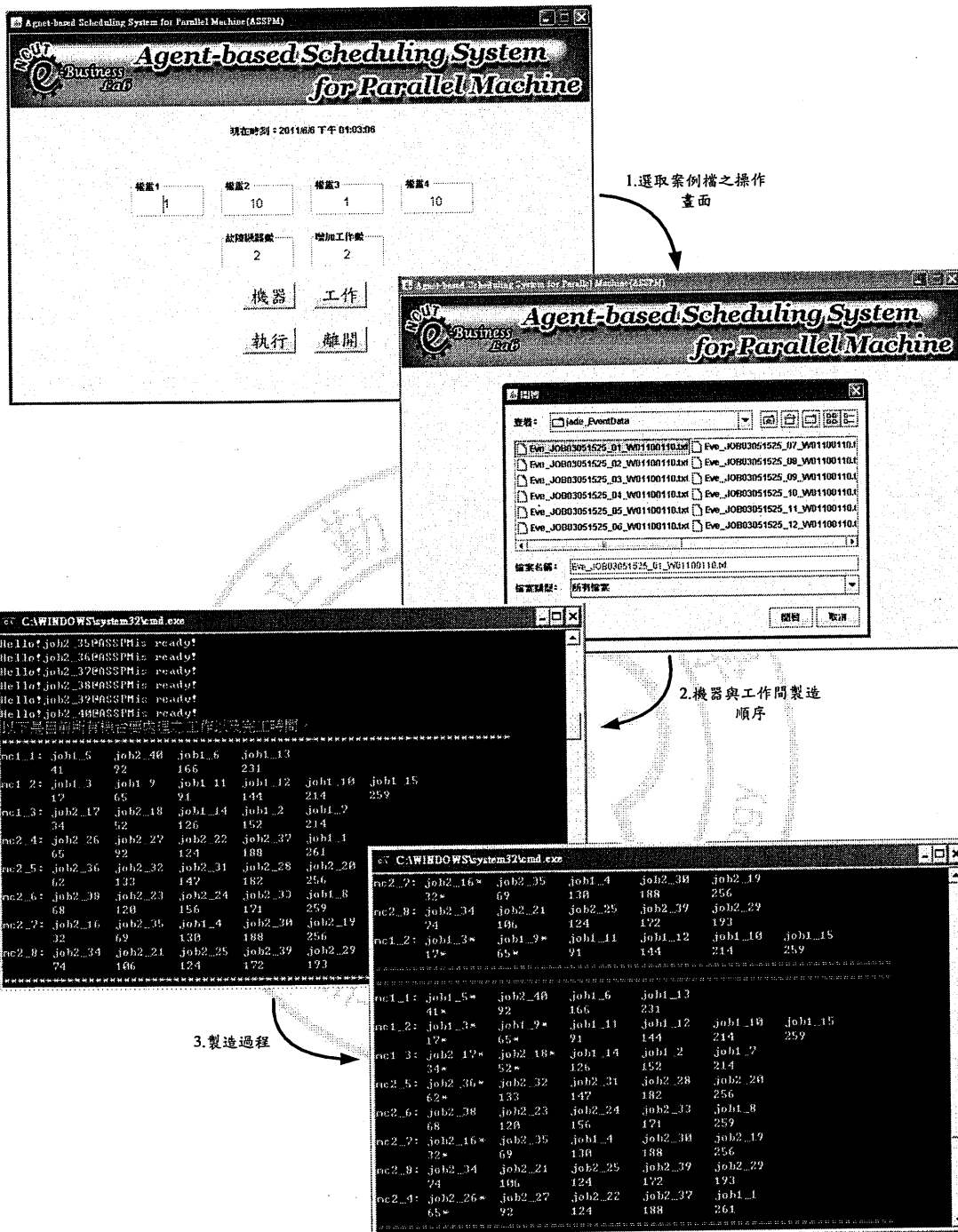


圖 40 正常操作之製造工作畫面



圖 41 機器故障之程序畫面



圖 42 工作插單之程序畫面

## 第六章 結論與建議

代理人技術之發展已有一段時間，但在其理論與技術上之探討，目前國內參與研究發展之學者與專家並不普及。而在本研究中，希望能透過以代理人為基之平行機排程系統(ASSPM)之建置，第一階段導入相同平行機以及第二階段導入非等效平行機生產環境，進行整體系統效益衡量。第三階段考慮工作與機器的突發事件的因素，導入電蝕鋁箔製造環境。最後，進行系統可行性測試與效益評估。

由於本研究開發之系統是利用 JAVA 程式語言進行開發，因此能發揮 JAVA 跨平台之功能。而另一項目的是為了透過代理人的技術，將之結合至平行機排程系統，充分發揮代理人之特性，能有效使用在分散式環境且平行處理的方式，達成有效的生產排程。此外，透過代理人互動的行為描述，可以充分掌握工作排程、工作指派、工作結束等正常的狀況，並可依此行為描述與代理人之間進行協商，使機器不會造成負荷過重的情況或是工作無法準時交貨之情況。本系統以行為描述設計來進行系統之開發，將系統切割成彼此獨立之代理人，方便系統修改或擴充。

最後，本研究平行機排程系統之建置，系統能在動態的環境中支援與解決企業的生產排程，透過系統中三種類型代理人間之協商功能，以達到最高產能利用率，進而降低生產成本與滿足顧客需求，且可透過系統中突發事件機制以解決管理上的問題，同時確保獲得系統最佳整體目標。



## 參考文獻

1. Allahverdi, A., C. T. Ng, T. C. E. Cheng and M. Y. Kovalyov, "A Survey of Scheduling Problems with Setup Times or Costs," *European Journal of Operational Research*, Vol. 187, pp. 985-1032, 2008.
2. Bellifemine, F., G. Caire, T. Trucco, G. Rimassa and R. Mungenast, *JADE Administrator's Guide/Programmer's Guide*. Available at: <http://jade.tilab.com/doc/index.html>. Cited Oct. 2010.
3. Biskup, D., J. Herrmann and N. D. Gupta, "Scheduling Identical Parallel Machines to Minimize Total Tardiness," *International Journal of Production Economics*, Vol. 115, pp. 134-142, 2008.
4. Caire, G., *JADE Tutorial: JADE Programming for Beginners*. Available at: <http://jade.tilab.com/doc/tutorials/JADEProgramming-Tutorial-for-beginners.pdf>. Cited Oct. 2010.
5. Chao, C. W., M. C. Chuang and C. J. Liao, "A Heuristic for Parallel Machine Scheduling with Machine Preference for the Electro Etching of Aluminum Foil," *Industrial Engineering and Engineering Management*, pp. 345-348, 2008.
6. Cheng, T. C. E., C. T. Ng and J. J. Yuan, "Multi-agent scheduling on a single machine to minimize total weighted number of tardy jobs," *Theoretical Computer Science*, Vol. 362, pp. 273-281, 2006.
7. Chuang, M. C., C. J. Liao and C. W. Chao, "Parallel machine scheduling with preference of machines," *International Journal of Production Research*, Vol. 48, pp. 4139-4152, 2010.

8. Driessel, R. and L. Moench, "Scheduling Jobs on Parallel Machines with Sequence-dependent Setup Times, Precedence Constraints, and Ready Times Using Variable Neighborhood Search," *Computers & Industrial Engineering*, pp. 273-278, 2009.
9. Edwin, G. and M.T. Cox, "Resource Coordination in Single Agent and Multiagent Systems," 13th IEEE International Conference on Tools with Artificial Intelligence, pp. 18, 2001.
10. Farahvash, P. and T. O. Boucher, "A multi-agent architecture for control of AGV systems," *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, Vol. 20, pp. 473-483, 2004.
11. FIPA, FIPA ACL Message Structure Specification/FIPA Ontology Service Specification. Available at: <http://www.fipa.org/repository/aclspecs.html>. Cited Oct. 2010.
12. Gibbins, N., S. Harris and N. Shadbolt, "Agent-based Semantic Web Services," *Web Semantics: Science*, Vol. 1, pp. 141-154, 2004.
13. Gindy, N. N., S. M. Saad and Y. Yue, "Manufacturing responsiveness through integrated process planning and scheduling," *International Journal of Production Research*, Vol. 37, pp. 2399-2418, 1999.
14. Hayes, C. C., "Agents in a Nutshell - A Very Brief Introduction," *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, Vol. 11, pp. 127-132, 1999.
15. Helal, M., G. Rabadi and A. Al-Salem, "A Tabu Search Algorithm to Minimize the Makespan for the Unrelated Parallel Machines Scheduling Problem with Setup Times," *International Journal of Operations Research*, Vol. 3, pp. 182-192, 2006.

16. Huang, S. H., H. C. Zhang and M. L. Smith, "A progressive approach for the integration of process planning and scheduling," *IIE Transactions*, Vol. 27, pp. 456-464, 1995.
17. Hutchison, J., K. Leong, D. Snyder and P. Ward, "Scheduling approaches for random job shop flexible manufacturing systems," *International Journal of Production Research*, Vol. 29, pp. 1053-1067, 1991.
18. JADE, Available at: <http://jade.tilab.com/>. Cited Oct. 2010.
19. Kim, K. H. and P. J. Egbelu, "Scheduling in a production environment with multiple process," *International Journal of Production Research*, Vol. 37, pp. 2725-2753, 1999.
20. Kim, Y. K., K. Park and J. Ko, "A Symbiotic Evolutionary Algorithm for the Integration of Process Planning and Job Shop Scheduling," *Computers and Operations Research*, Vol. 30, pp. 1151-1171, 2003.
21. Lee, Y. H. and M. Pinedo, "Scheduling Jobs on Parallel Machines with Sequence-dependent Setup Times," *European Journal of Operational Research*, Vol. 100, pp. 464-474, 1997.
22. Leung, C. W., T. N. Wong, K. L. Mak and R. Y. K. Fung, "Integrated process planning and scheduling by an agent-based ant colony optimization," *Computers & Industrial Engineering*, Vol. 59, pp. 166-180, 2010.
23. Li, X., C. Zhang, L. Gao, W. Li and X. Shao, "An agent-based approach for integrated process planning and scheduling," *Expert Systems with Applications*, Vol. 37, pp. 1256-1264, 2010.

24. Montano, B. R., V. Yoon, K. Drummey and J. Liebowitz, "Agent learning in the multi-agent contracting system [MACS]," *Decision Support Systems*, Vol. 45, pp. 140-149, 2008.
25. Nasr, N. and E. A. Elsayed, "Job shop scheduling with alternative machines," *International Journal of Production Research*, Vol. 28, pp. 1595-1609, 1990.
26. Pfund, M., J. W. Fowler, A. Gadkari and Y. Chen, "Scheduling Jobs on Parallel Machines with Setup Times and Ready Times," *Computers & Industrial Engineering*, Vol. 54, pp.764-782, 2008.
27. Trappey, A. J. C., C. V. Trappey, J. L. Hou and B. J. G. Chen, "Mobile agent technology and application for online global logistic services," *Industrial Management & Data Systems*, Vol. 104, No. 2, pp. 169-183, 2004.
28. Trappey, A. J. C., T. H. Lu and L. D. Fu, "Development of an intelligent agent System for collaborative mold production with RFID technology," *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, Vol. 25, pp. 42-56, 2009.
29. Usher, J. M., "Negotiation-based Routing in Job Shops via Collaborative Agents," *Journal of Intelligent Manufacturing*, Vol. 14, pp. 485-499, 2003.
30. Wong, T. N., C. W. Leung, K. L. Mak and R. Y. K. Fung, "An agent-based negotiation approach to integrate process planning and scheduling," *International journal of production research*, Vol. 44, No. 7, pp. 1331-1351, 2006a.
31. Wong, T. N., C. W. Leung, K. L. Mak and R. Y. K. Fung, "Dynamic shopfloor scheduling in multi-agent manufacturing systems," *Expert Systems with Applications*, Vol. 31, pp. 486-494, 2006b.

32. Wong, T. N., C. W. Leung, K. L. Mak and R. Y. K. Fung, "Integrated process planning and scheduling/rescheduling with — an agent-based approach," International journal of production research, Vol. 44, pp. 3627-3655, 2006c.
33. Yokoyama, K., K. Morikawa and K. Takahashi, "A Multi-Agent System for Stochastic Assembly Line Balancing," Proceedings of the 8th Asia Pacific Industrial Engineering & Management Systems Conference (APIEMS2007), Ambassador Hotel, Kaohsiung, Taiwan, pp. 251-260, 2007.
34. Zhang, Y. F., A. N. Saravanan and J. Y. H. Fuh, "Integration of process planning and scheduling by exploring the flexibility of process planning," International Journal of Production Research, Vol. 41, No. 5, pp. 611-628, 2003.

